



<http://portaildoc.univ-lyon1.fr>

Creative commons : Attribution - Pas d'Utilisation Commerciale  
- Pas de Modification 4.0 France (CC BY-NC-ND 4.0)



<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.fr>

**UNIVERSITE CLAUDE BERNARD LYON I**  
**UFR D'ODONTOLOGIE**

Année 2024

THESE n°2024 LYO1D 017

**THESE**  
**POUR LE DIPLOME D'ETAT DE DOCTEUR EN CHIRURGIE DENTAIRE**

Présentée et soutenue publiquement le :

15/03/2024

**Par Sophia SONNERY**

Née le 08/09/1998, à LYON (69)

---

**RESTAURATIONS DES DENTS POSTERIEURES : ELABORATION D'UN  
GUIDE DECISIONNEL**

---

**JURY :**

Monsieur le Professeur Cyril VILLAT	Président
Monsieur le Professeur Christophe JEANNIN	Assesseur
Madame la Docteure Doriane CHACUN	Assesseur
<u>Monsieur le Docteur Damien CABRITA</u>	<u>Assesseur</u>
<u>Monsieur le Docteur Marwane SALIH</u>	<u>Assesseur</u>

# UNIVERSITE CLAUDE BERNARD LYON I

Président de l'Université	Frédéric FLEURY
Président du Conseil Académique	Hamda BEN HADID
Vice-Président du Conseil d'Administration	Philippe CHEVALIER
Vice-Présidente de la Commission Formation	Céline BROCHIER
Vice-Président Relations Hospitalo-Universitaires	Jean François MORNEX
Directeur général des services	Pierre ROLLAND

## SECTEUR SANTE

Doyen de l'UFR de Médecine Lyon-Est	Gilles RODE
Doyen de l'UFR de Médecine et de Maïeutique Lyon Sud - Charles Mérieux	Philippe PAPAREL
Doyen de l'Institut des Sciences Pharmaceutiques et Biologiques (ISPB)	Claude DUSSART
Doyen de l'UFR d'Odontologie	Jean-Christophe MAURIN
Directeur de l'Institut des Sciences & Techniques de Réadaptation (ISTR)	Jacques LUAUTÉ
Présidente du Comité de Coordination des Études Médicales	Carole BURILLON

## SECTEUR SCIENCES ET TECHNOLOGIES

Directrice de l'UFR Biosciences	Kathrin GIESELER
Directeur de l'UFR Faculté des Sciences	Bruno ANDRIOLETTI
Directeur de l'UFR Sciences & Techniques des Activités Physiques et Sportives (STAPS)	Guillaume BODET
Directeur de Polytech Lyon	Emmanuel PERRIN
Directeur de l'Institut Universitaire de Technologie Lyon 1 (IUT)	Michel MASSENZIO
Directeur de l'Institut des Science Financière & Assurances (ISFA)	Nicolas LEBOISNE
Directeur de l'Observatoire de Lyon	Bruno GUIDERDONI
Directeur de l'Institut National Supérieur du Professorat & de l'Éducation (INSPÉ)	Pierre CHAREYRON
Directrice du Département-composante Génie Électrique & des Procédés (GEP)	Rosaria FERRIGNO
Directrice du Département-composante Informatique	Saida BOUAZAK BRONDEL
Directeur du Département-composante Mécanique	Marc BUFFAT

# FACULTE D'ODONTOLOGIE DE LYON

**Doyen :** M. Jean-Christophe MAURIN, Professeur des Universités-Praticien hospitalier

**Vice-Doyens :** Pr. Cyril VILLAT, Professeur des Universités - Praticien hospitalier  
Pr. Maxime DUCRET, Professeur des Universités - Praticien hospitalier  
Pr. Brigitte GROSGOGEAT, Professeure des Universités - Praticien hospitalier

## **SOUS-SECTION 56-01 : ODONTOLOGIE PEDIATRIQUE ET ORTHOPEDIE DENTO-FACIALE**

Professeur Emérite des Universités-PH : M. Jean-Jacques MORRIER,  
Professeure des Universités-PH : Mme Béatrice THIVICHON-PRINCE  
Maîtres de Conférences-PH : Mme Sarah GEBEILE-CHAUTY, Mme Claire PERNIER  
Maître de Conférences Associé : Mme Lienhart Guillemette

## **SOUS-SECTION 56-02 : PREVENTION – EPIDEMIOLOGIE, ECONOMIE DE LA SANTE - ODONTOLOGIE LEGALE**

Professeur des Universités-PH : M. Denis BOURGEOIS  
Maître de Conférences-PH : M. Bruno COMTE  
Maître de Conférences Associé : M. Laurent LAFOREST

## **SOUS-SECTION 57-01 : CHIRURGIE ORALE – PARODONTOLOGIE – BIOLOGIE ORALE**

Professeurs des Universités-PH : M. Jean-Christophe FARGES, Mme Kerstin GRITSCH

Maîtres de Conférences-PH : Mme Doriane CHACUN M. Thomas FORTIN, M. Arnaud LAFON, Mme SY Kadiatou, M. François VIRARD

Maîtres de Conférences Associés : Mme Ina SALIASI

**SOUS-SECTION 58-01 : DENTISTERIE RESTAURATRICE, ENDODONTIE,  
PROTHESE, FONCTION-DYSFONCTION,  
IMAGERIE, BIOMATERIAUX**

Professeurs des Universités-PH : M. Pierre FARGE, Mme Brigitte GROSGOGEAT -  
BALAYRE,

M. Maxime DUCRET, M. Christophe JEANNIN,  
M. Jean-Christophe MAURIN, Mme Catherine MILLET,  
M. Olivier ROBIN, Mme Sarah MILLOT, M. Cyril VILLAT

Maîtres de Conférences-PH : Mme Marie-Agnès GASQUI DE SAINT – JOACHIM, M. Patrick  
EXBRAYAT, Mme Marion LUCCHINI,  
M. Thierry SELLI, Mme Sophie VEYRE, M. Stéphane VIENNOT

Maître de Conférences Associé :  
M. Hazem ABOUELLEIL-SAYED

**SECTION 87 : SCIENCES BIOLOGIQUES FONDAMENTALES ET  
CLINIQUES**

Maître de Conférences : Mme Florence CARROUEL

## **REMERCIEMENTS**

À notre président du Jury,

**Monsieur le Professeur VILLAT Cyril,**

Professeur des Universités à l'UFR d'Odontologie de Lyon

Praticien Hospitalier

Docteur en Chirurgie Dentaire

Ancien Interne en Odontologie

Docteur de l'Ecole Centrale Paris

Habilité à Diriger des Recherches

Vice-Doyen à l'UFR d'Odontologie de Lyon

Responsable du département pédagogique de Dentisterie Restauratrice – Endodontie

*Nous vous remercions chaleureusement d'avoir accepté  
de présider le jury de notre travail de thèse.*

*Nous vous exprimons notre profonde gratitude pour  
avoir été à nos côtés tout au long de nos études. Nous  
garderons en mémoire la qualité de votre enseignement  
théorique et votre encadrement en clinique.*

*Veillez trouver, par ces quelques mots, toute la  
considération et le respect que nous vous portons.*

À notre assesseur,

**Madame la Docteure CHACUN Doriane,**

Maître de Conférences des Universités à l'UFR d'Odontologie de Lyon – Praticien Hospitalier

Ancienne Assistante Hospitalo- Universitaire

Docteur en Chirurgie Dentaire

Docteur de l'Université Lyon 1

Lauréate de l'Académie Nationale de Chirurgie Dentaire

*Nous vous remercions sincèrement d'avoir accepté de  
juger notre travail.*

*Nous vous sommes très reconnaissants de votre  
enseignement durant ces années universitaires et  
hospitalières. Nous vous remercions pour votre  
implication et votre passion de l'enseignement. Votre  
dynamisme a créé un environnement d'apprentissage  
stimulant et enrichissant.*

*Veillez trouver ici l'expression de notre profonde  
reconnaissance et de nos sincères remerciements.*

À notre assesseur,

**Monsieur le Professeur JEANNIN Christophe,**

Professeur des Universités à l'UFR d'Odontologie de Lyon – Praticien Hospitalier

Docteur en Chirurgie Dentaire

Docteur de l'Institut National Polytechnique de Grenoble

Habilité à Diriger des Recherches

*Nous vous remercions chaleureusement d'avoir accepté  
de juger notre travail de thèse.*

*Nous vous sommes très reconnaissants de votre présence  
tout au long de notre externat lors de nos vacations  
cliniques. Vous nous avez vu grandir, échouer,  
persévérer et progresser grâce à vos compétences et vos  
précieux conseils. Vous êtes une source d'inspiration et  
de passion pour notre profession.*

*Soyez assuré, par ces quelques mots, de notre sincère  
reconnaissance.*

À notre directeur de thèse,

**Monsieur le Docteur Damien CABRITA,**

Chef de Clinique des Universités - Assistant hospitalier

Docteur en Chirurgie Dentaire

*Nous vous remercions d'avoir accepté cette direction de  
thèse.*

*Nous souhaitons souligner et remercier votre présence  
lors de notre parcours étudiant. Votre calme, votre  
bienveillance, votre écoute attentive et votre motivation  
ont été très précieux à nos yeux. Ces qualités ont apporté  
un grand soutien que ce soit dans nos vacations cliniques  
ou dans les dernières étapes de notre thèse. Merci  
infiniment pour votre engagement et votre impact positif.*

*Veillez trouver à travers ces quelques lignes toute  
l'expression de notre gratitude et de notre  
reconnaissance.*

À notre co-directrice de thèse,

**Monsieur le Docteur Marwane SALIH,**

Praticien- Hospitalier

Docteur en Chirurgie Dentaire

*Nous vous remercions d'avoir accepté cette co-direction  
de thèse et de nous avoir fait confiance.*

*Nous vous sommes très reconnaissants pour la générosité  
de votre temps et votre implication. Votre présence tout  
au long de ce travail ainsi que vos nombreux conseils ont  
été d'une grande motivation et ont apporté un grand  
soutien. Votre rigueur et votre passion nous ont incité à  
faire toujours mieux. Nous vous en remercions  
sincèrement.*

*Veillez trouver, par ces quelques mots, toute la  
considération et le respect que nous vous portons.*

# Table des matières

Table des abréviations.....	3
INTRODUCTION.....	4
I. LES TISSUS DURS DE LA DENT .....	5
A. L'émail .....	5
1) Caractéristiques histologiques .....	5
2) Caractéristiques physico-chimiques et mécaniques.....	6
B. La dentine.....	7
1) Caractéristiques histologiques .....	7
2) Caractéristiques physico-chimiques et mécaniques.....	9
C. Macrostructure de l'émail et de la dentine .....	10
D. La jonction amélo-dentinaire .....	11
1) Caractéristiques histologiques .....	11
2) Rôle.....	12
II. BIOMIMÉTISME ET ADHESION.....	14
A. Notions de gradient thérapeutique et de biomimétisme .....	14
B. L'adhésion.....	15
1) Les principes de l'adhésion.....	15
2) Les systèmes adhésifs .....	16
3) Les objectifs de collage.....	18
III. CHOIX DU MODE DE RESTAURATION DENTAIRE.....	19
A. Résistance biomécanique de la dent.....	20
1) Plan d'inflexion.....	20
2) Déflexion cuspidienne .....	21
3) Une diminution de la résistance biomécanique causée par la perte tissulaire.....	22
B. Diagnostic pulpo-dentinaire .....	25
C. Conséquences d'une dent traitée endodontiquement .....	27
D. Stratégies de restauration dentaire.....	29
1) Profondeur de la cavité et parois résiduelles.....	29
2) Le recouvrement cuspidien.....	31
3) Extension de la préparation.....	36
4) Gestion des zones sous-gingivales.....	38
E. Ancrage radiculaire .....	38
1) L'effet ferrule.....	39
2) Les différents types de tenons.....	39
3) Choix thérapeutique.....	41
F. Critères supplémentaires .....	41

1) Risque carieux.....	41
2) Contexte occlusal.....	42
3) Anatomie dentaire.....	43
4) Opérateur et patient dépendants.....	43
E. Indications et critères de choix du matériau dans le secteur postérieur .....	44
1) Lien avec le biomimétisme et présentation des matériaux .....	44
d- Facteurs mécaniques .....	47
G. Guide décisionnel.....	48
CONCLUSION .....	50
Table des illustrations .....	52
Table des tableaux.....	53
BIBLIOGRAPHIE .....	54

## Table des abréviations

**JAD** : Jonction amélo-dentinaire

**MOD** : Mésio-occluso-distal

**M&R ou MR** : Mordançage et Rinçage

**RCP** : Restauration collée postérieure

**RD** : Restauration Directe

**RI** : Restauration Indirecte

**SAM** : Système auto-mordançant

**TE** : Traitement endodontique

# INTRODUCTION

L'adhésion aux tissus dentaires est le résultat d'une aventure scientifique débutée dans les années 1960 et, encore aujourd'hui, est en constante évolution. Elle a été l'occasion d'un vrai changement de paradigme en odontologie : d'une dentisterie mécanique et rétentive à une dentisterie minimalement invasive et biomimétique (1).

Avec l'avènement des restaurations collées et de l'évolution rapide des techniques, il est parfois difficile pour le praticien de choisir le type de restauration et la préparation tissulaire appropriée de la dent. Son but n'est pas simplement de reconstruire l'anatomie de la dent, mais de se rapprocher au maximum des tissus initiaux de la dent tout en respectant les tissus parodontaux et les autres dents de l'arcade. Son objectif est également de prévenir des échecs à court terme et de faire en sorte que les restaurations demeurent le plus longtemps possible en place. De ce fait, certaines préparations préventives supplémentaires seront envisagées afin de limiter les échecs à court terme. Ainsi face à ces impératifs, le praticien va devoir analyser de nombreux facteurs en fonction de la situation clinique ce qui peut rendre le choix complexe (2). L'objet de cette thèse est donc de définir des lignes directrices permettant l'élaboration d'un guide décisionnel pour la restauration des dents postérieures.

Dans un premier temps, les tissus durs de la dent seront présentés en mettant en lumière leurs caractéristiques histologiques, physico-chimiques et mécaniques. Une compréhension approfondie de ces éléments est fondamentale pour établir les bases nécessaires à toute intervention restauratrice. Dans un second temps, on introduira le concept du biomimétisme, du gradient thérapeutique et des principes de l'adhésion. Dans un troisième et dernier temps, on étudiera les critères décisionnels dans la reconstitution des dents postérieures dans le but d'établir un outil sur le choix thérapeutique.

# I. LES TISSUS DURS DE LA DENT

La dent est un organe complexe. Elle est composée de deux parties : la couronne, partie visible, et la racine ancrée dans l'os et recouverte par la gencive. Chaque structure joue un rôle spécifique dans la fonction et la santé globale de la dent.

La partie coronaire est constituée de deux tissus durs, l'émail et la dentine. Au centre de la dent se trouve un tissu vasculo-nerveux, la pulpe dentaire. La partie radiculaire est composée du cément, de la dentine et de la pulpe dentaire. Nous nous concentrerons uniquement sur la partie coronaire.

## A. L'émail

### 1) Caractéristiques histologiques

#### a- Composition

L'émail est un tissu acellulaire formant la couche externe de la dent, en contact avec la cavité buccale (3). Il protège la dent des forces masticatoires et des attaques acides. Il enveloppe la dentine souple qui joue un rôle amortisseur. Leurs compositions sont très différentes.

L'émail est le tissu le plus dur de l'organisme car le plus minéralisé (4). En effet, il est formé de 94 à 96 % de substances inorganiques, de 1 à 4 % d'eau et de moins de 1 % de substances organiques (5). La substance inorganique est représentée majoritairement par l'hydroxyapatite, qui va conférer à la dent sa résistance. Les fluorures sont également présents, rendant l'émail plus stable chimiquement en stabilisant les cristaux d'émail. La substance organique est composée principalement d'amélogénines, permettant la croissance de l'émail au cours de l'amélogenèse.

#### b- Structure

L'émail est un tissu dur et résistant qui possède une structure tridimensionnelle complexe qui lui permet de résister aux forces occlusales et masticatoires (1, 3, 4). Il est constitué par :

- de l'émail prismatique : qui correspond à la phase minérale (3). L'organisation de faisceaux d'apatite carbonés et de cristaux d'hydroxyapatites forme des prismes, s'étendant de la jonction amélo-dentinaire à la surface externe de l'émail (Fig. 1). L'organisation et l'alignement de ces prismes permettent d'absorber les stress

mécaniques, abrasifs et de stopper les microfissures (5). Leur disposition est responsable des propriétés structurales et mécaniques de l'émail (6).

- de l'émail aprismatique : qui correspond aux zones pré-sécrétoires et post-sécrétoires des améloblastes au niveau de la couche externe et interne de l'émail. Cette partie superficielle de l'émail s'use rapidement en raison de l'abrasion (3).

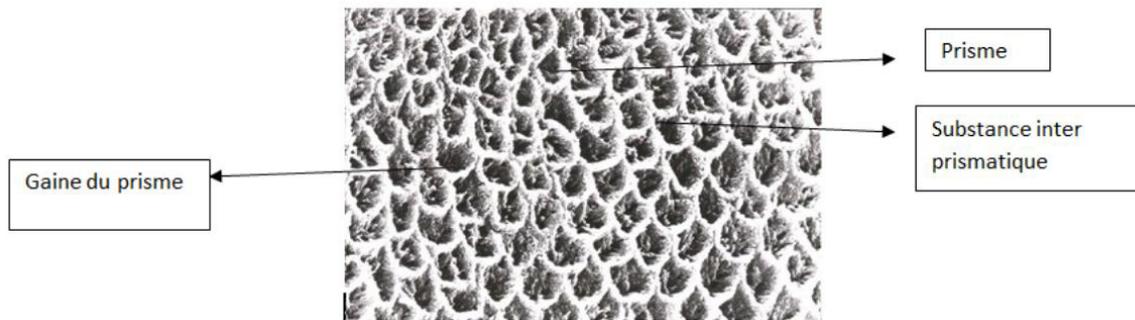


Figure 1: Vue au microscope d'une coupe transversale de l'émail visualisant l'organisation de l'émail prismatique (4)

La structure de l'émail comprend des formations secondaires : les stries de Retzius, les périkymaties et les bandes de Hunter-Schreger. Les stries de Retzius aident à la dissipation des forces, et se forment par l'apposition successive de l'émail lors de l'amélogénèse. Lorsque ces stries atteignent la surface de la dent, elles forment les périkymaties. Celles-ci sont visibles par un état de surface irrégulier lorsque la dent n'a pas encore subi d'attrition. La trajectoire des prismes d'émail n'est pas réellement rectiligne et va former, par effet optique, les bandes de Hunter-Schreger. Elles jouent un rôle biomécanique, permettant de résister aux contraintes subies et de limiter les fractures. En effet, ces bandes sont apparentées à des poutres capables de supporter les contraintes et les chocs occlusaux. Elles seront plus ou moins denses en fonction des zones de la dent (3).

## 2) Caractéristiques physico-chimiques et mécaniques

L'émail est un tissu acellulaire qui ne peut pas se régénérer. Cependant, il a la capacité d'avoir des échanges ioniques grâce à sa perméabilité, au niveau de la substance interprismatique. Par conséquent, la valeur du pH est un facteur très important dans la préservation de l'émail. En effet, si le pH est trop acide, l'émail subit une déminéralisation qui est apparentée à une

dégradation de l'émail, à l'origine d'une lésion carieuse. Il est possible de limiter les lésions initiales de déminéralisation par un apport de fluor (3).

En raison de ses caractéristiques très spécifiques, les propriétés mécaniques de l'émail sont des éléments importants à comprendre et à connaître pour la future restauration. En effet, les propriétés du matériau doivent se rapprocher au maximum de celles de l'émail. Il a une faible conductivité thermique, mesurée à 0,92 W/M/°C. Cela signifie qu'il conduit très peu la chaleur afin de protéger le complexe pulpo-dentinaire. Il est également peu sensible aux variations de température. Ce critère est évalué par le coefficient de dilatation thermique. Il correspond à l'expansion d'un corps lorsque celui-ci subit un réchauffement. Inversement, un corps se rétracte lors d'un refroidissement. Le coefficient de dilatation thermique de l'émail est faible, il est de  $11,4 \cdot 10^{-6} / ^\circ\text{C}$ . Ainsi, il est important que cette valeur soit prise en compte lors du choix du matériau de restauration pour limiter les différences de coefficient et par conséquent, restreindre les contraintes au niveau du joint tissu/restauration (3). Le module d'élasticité de l'émail est plus important que la dentine, elle est de 84,1 GPa. Il correspond à la capacité de se déformer réversiblement. La valeur est proportionnelle à la rigidité et est aussi appelé module de Young. Ainsi seule une légère déformation de l'émail se crée lors des charges occlusales (7). En raison des variations de la structure de l'émail, cette valeur varie. Un matériau de restauration ne pourra avoir ces variations de module d'élasticité mais dans l'idéal il doit se rapprocher au maximum de la valeur moyenne. Si le matériau est plus rigide, il sera la cause d'une fracture dentaire. A contrario, si le matériau est plus flexible, nous verrons une diminution de la rigidité de la couronne (1). La résistance en traction correspond à la fragilité ou la ductilité de l'élément. Elle est de 10,3 MPa, celle-ci n'est pas élevée ce qui signifie que l'émail est fragile. La résistance à la compression correspond au rôle fonctionnel de l'émail lors de la mastication. Sa valeur est importante, elle est de 384 MPa. La dureté de l'émail est de 408 HV, elle est relativement élevée. Cela prévient des phénomènes d'usure et d'abrasion (3).

L'émail est donc un tissu dur mais fragile. S'il n'est pas soutenu par la dentine, il est très cassant (4).

## B. La dentine

### 1) Caractéristiques histologiques

#### a- Composition

La dentine constitue la majeure partie de la dent. Elle est protégée par l'émail dans sa partie coronaire, par le cément dans sa partie radiculaire, et au contact de la pulpe dentaire sur

toute sa surface interne. Elle est constituée de 50% à 70% de matière inorganique, 20% à 30% de matière organique, majoritairement composée d'un réseau de collagène organisé en fibrilles et 10% à 20% d'humidité. Cette organisation est responsable de ses propriétés élastiques. Une proportion inférieure de phase inorganique la rendra moins dure que l'émail (3–5,8).

#### b- Structure

La partie minérale de la dentine correspond aux tubules dentinaires, qui sont des biocomposites de fibres de collagènes minéralisées (7). Ces tubules vont de la pulpe à l'émail. Ils sont larges en regard de la pulpe et diminuent fortement en périphérie. Au sein des tubules se trouvent un fluide : le fluide intratubulaire, à l'origine de la sensibilité et de la douleur. Un réseau intratubulaire est formé. La dentine est un tissu perméable par la présence de ses tubules et du fluide. Cette perméabilité est proportionnelle à la densité des tubules dentinaires. Tout comme l'émail, la microstructure de la dentine varie donc selon la localisation et selon certains stades physiologiques et pathologiques. La microstructure diffère entre la dentine coronaire et la dentine radiculaire. La densité et l'épaisseur des tubules de la dentine radiculaire est moins importante. Ce qui laisse une densité de fibrilles de collagène plus importante. De ce fait, ces caractéristiques aident à la résistance en termes de propriétés mécaniques (3). Il existe ainsi plusieurs types de dentine :

- La dentine coronaire périphérique ou manteau dentinaire se situe à la périphérie de la dentine, au contact de la jonction amélo-dentinaire. Le manteau dentinaire ne possède pas de tubule dentinaire. Il contribue à la dissipation des contraintes avec les bandes de Hunter-Schreger de l'émail et la jonction amélo-dentinaire (JAD) (3).
- Les dentines primaire et secondaire correspondent à l'apposition de dentine au cours de la vie. Lors de l'embryogenèse se forme la dentine primaire. Puis, à partir de la mise en occlusion des dents, la dentine secondaire se forme. Cette apposition centripète est fonction des stimulations externes que subit la dent (3).
- La dentine sclérotique, ou sénescence, est la conséquence du phénomène de vieillissement. Les tubulis de la dentine s'hyperminéralisent jusqu'à obstruction. L'adhésion est compromise car absence de microrétention et la dentine perd sa perméabilité (3).

- La dentine tertiaire se forme à la suite d'une stimulation pathologique. Cette stimulation peut entraîner la formation d'une dentine réactionnelle ou d'une dentine réparatrice. La dentine réactionnelle s'appose lentement par suite d'un stimulus modéré tel qu'une carie superficielle et à progression lente. Ainsi, la structure de la dentine n'est pas trop altérée. Au contraire, suite à un stimuli sévère tel qu'une carie profonde, une effraction pulpaire ou une carie à progression rapide, une dentine réparatrice est créée mais avec une structure bien plus anarchique (3).
- La dentine cariée comprend la dentine infectée et la dentine affectée. La dentine infectée, zone externe, a subi une forte déminéralisation et est de consistance molle. Des bactéries ont contaminé cette dentine. La dentine affectée, zone interne, est dépourvue de bactérie, la déminéralisation est partielle et réversible (3).



Figure 2 : Schéma représentant les différentes zones dentinaires lors des lésions carieuses cavitaires (3)

*1 : émail déminéralisé. 2 : dentine infectée. 3 : dentine affectée. 4 : dentine transparente sclérotique. 5 : dentine saine. 6 : dentine réactionnelle.*

## 2) Caractéristiques physico-chimiques et mécaniques

Il est intéressant de connaître ces propriétés afin de les comparer à celles de l'émail. Les valeurs intéressantes sont principalement le module de Young et la dureté.

D'après les valeurs du Tableau 1, le module d'élasticité de la dentine est de 18,3 GPa. Il a été vu en amont que cette valeur est proportionnelle à la rigidité. La dentine, en comparaison de l'émail, est donc plus élastique. Elle joue un rôle amortissant. Concernant la résistance à la traction, qui correspond à la fragilité de l'élément, la dentine est environ dix fois moins fragile que l'émail. Elle est donc moins cassante. A propos de la dureté, les valeurs sont bien plus faibles pour la dentine que pour l'émail. Les phénomènes d'usure et d'abrasion seront plus fréquents sur un tissu dentinaire.

Tableau 1 : comparaison des propriétés mécaniques de l'émail et de la dentine (9)

<b>Propriétés</b>	<b>Dentine</b>	<b>Email</b>
<i>Conductivité thermique</i>	0,22 W/m/°C	0,92 W/m/°C
<i>Coefficient de dilatation thermique</i>	$8,3 \cdot 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$	$11,4 \cdot 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$
<i>Module d'élasticité</i>	18,3 GPa	84,1GPa
<i>Résistance à la traction</i>	98,7 MPa	10,3 MPa
<i>Résistance en compression</i>	297 MPa	384 MPa
<i>Dureté</i>	68 HK (Knoop)	383 HK
	90 HV (Vickers)	408 HV

Ces chiffres sont des valeurs moyennes. En effet, comme l'émail, la valeur change en fonction de la zone sur une même dent. Pour la dentine, ces variations sont en lien avec la densité tubulaire. La résistance à la fracture croit de la pulpe vers la JAD (9).

### C. Macrostructure de l'émail et de la dentine

L'émail et la dentine sont unis histologiquement par la Jonction amélo-dentinaire qui sera détaillée ultérieurement (7). Une interrelation structurelle et physique sont retrouvées entre un tissu dur et un tissu souple, ce qui donne à la dent sa particularité (1). Il est possible d'observer ci-dessous en Figure 3, les différentes coupes d'une première prémolaire maxillaire (6).

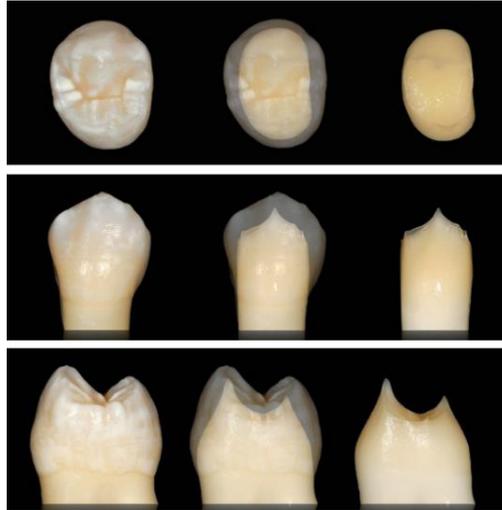


Figure 3: Photos d'une première prémolaire maxillaire représentant les contours des différents tissus durs de la dent (7)

La surface de l'émail est arrondie et convexe. Cette courbe assure la stabilité face à un émail exposé aux forces masticatoires. Une surépaisseur au niveau des tiers coronaire et moyen représente un renforcement biomécanique sélectif face aux charges de compression. En revanche, la surface de la dentine est nette et concave, lui conférant une courbe sigmoïde (1,7). La dentine stabilise la coquille de l'émail et joue un rôle d'amortissement (2,7).

L'émail et la dentine sont deux structures dépendantes l'un de l'autre au niveau de leur rôle mécanique mais ils fonctionnent en symbiose au niveau de leur interface. Cette zone de transition est la jonction amélo-dentinaire.

## D. La jonction amélo-dentinaire

### 1) Caractéristiques histologiques

La jonction amélo-dentinaire ou JAD est l'union entre les tissus amélaire et dentinaire (10). Elle est moins minéralisée que l'émail ou la dentine, mais est riche en matrice organique (7). Elle est constituée de festons, eux-mêmes formés de fibres de collagène (1), qui vont créer des jonctions d'interconnexions (Fig. 4). La JAD a souvent été définie comme une simple interface. Toutefois, elle est aujourd'hui considérée comme une structure anatomique et fonctionnelle à part entière (4,10,11).

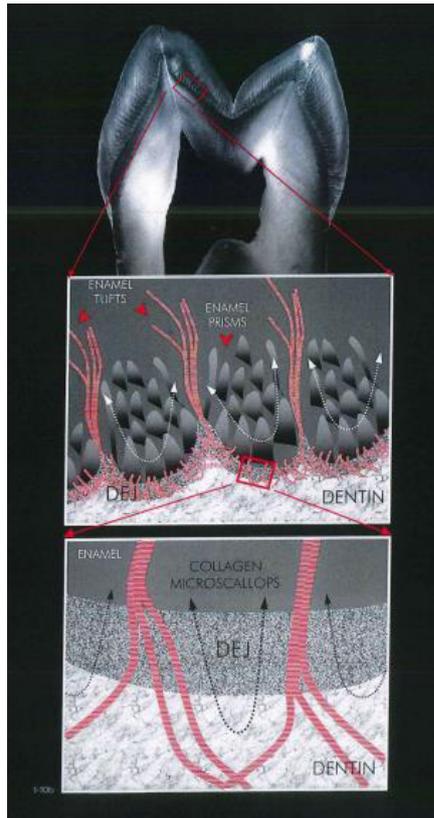


Figure 4 : Schéma de la relation spatiale des fibrilles de collagène de la JAD (1)

## 2) Rôle

La JAD est une zone qui transmet les forces s'exerçant sur l'émail vers la dentine. Elle possède un rôle biomécanique. Elle protège fonctionnellement des fissures et doit donc être préservée au maximum lors des restaurations. Elle permet de limiter la propagation de ces fissures en les dissipant (3,4,7) et en les déviant vers un autre plan grâce au différentiel de module d'élasticité (1). En effet, d'après les études de White et coll., les dégâts à la suite d'une fissure amélaire se répartissent sur une large zone au niveau de la JAD. Si les dégâts se concentrent sur une seule zone, ce serait catastrophique. Lorsque la fissure atteint la JAD, une déformation plastique au niveau dentinaire peut se créer ou plus rarement des microfissures (11). Une autre étude, celle de Imbeni et coll, met en avant le rapport de ténacité et la capacité de pontage ligamentaire de la JAD. Le rapport de ténacité à la rupture de la JAD serait 5 à 10 fois supérieur à celle de l'émail mais 75% inférieur à celle la dentine. Le pontage ligamentaire crée un mécanisme de montage réduisant la force motrice des fissures en les supportant et en les déviant

par l'orientation perpendiculaire des fibrilles de collagène par rapport aux prismes de l'émail. De ce principe, la fissure est dissipée et déviée (10).

Au cours du vieillissement, il est physiologique que l'émail subisse des processus de fissuration sous les contraintes occlusales et les traumatismes. Entre les phénomènes physiologiques et pathologiques, nous allons retrouver une perte tissulaire de la dent.

La complexité des tissus durs, par leurs propriétés structurales et biomécaniques, sont la clé de la résistance mécanique et thermique de la dent mais complexifie aussi sa restauration, notamment d'un point de vue mécanique. Ainsi, du point de vue clinique, la préservation tissulaire est essentielle. De ce fait, il est important de comprendre et visualiser l'ensemble des structures de l'émail et de la dentine afin d'émuler au maximum la dent lors de la reconstitution coronaire (7) : c'est le biomimétisme (9).

## II. BIOMIMÉTISME ET ADHESION

### A. Notions de gradient thérapeutique et de biomimétisme

Auparavant, à la suite d'une perte tissulaire les restaurations à l'amalgame et les couronnes étaient les reconstitutions de choix. Ces restaurations scellées nécessitent de la rétention et par conséquent, des préparations dentaires invasives. Il a été remarqué, par plusieurs auteurs, que la dent serait vouée à l'extraction dès l'instant où celle-ci présente une lésion carieuse interproximale. Cette extraction serait d'autant plus rapide que la thérapeutique serait invasive. C'est le concept du « cercle de la mort de la dent » (Fig. 5). Actuellement, la nouvelle ère de la dentisterie se concentre sur la préservation tissulaire et les préparations minimalement invasives. Cette notion de préservation, mais également de prévention, est d'autant plus importante que l'espérance de vie augmente et donc que nos restaurations doivent demeurer en bouche plus longtemps (1,12).

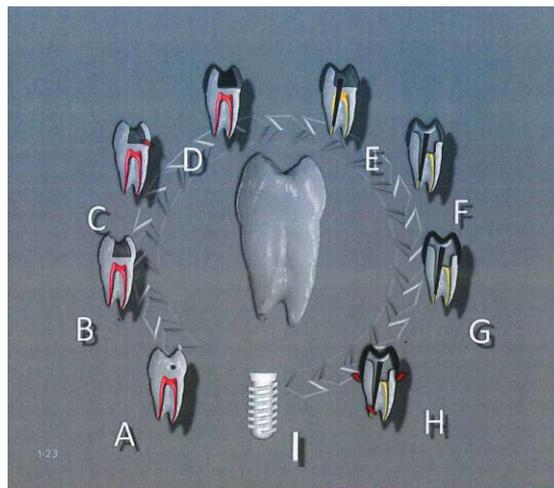


Figure 5 : Le cercle de la mort de la dent (1)

*A, Carie interdentaire. B, Obturation à l'amalgame. C, Fissure de la cuspid. D, Couverture cuspidienne sans rétention mécanique. E et F, Rétention mécanique par traitement endodontique et reconstitution avec tenon radiculaire. G, Renforcement extracoronaire. H, Interférence parodontal et fissure radiculaire. I, Implant dentaire*

Les progrès scientifiques ont permis l'éclosion de cette nouvelle ère de la dentisterie avec le développement de l'adhésion. La dentisterie adhésive s'oppose au concept du scellement en s'affranchissant des besoins de rétention et de contre-dépouille, permettant ainsi une dentisterie plus conservatrice, plus esthétique et plus pérenne pour la dent (1,7,13).

Cette révolution a foncièrement modifié l'indication des thérapeutiques. Tirlet et Attal ont ainsi élaboré le concept de gradient thérapeutique (Fig. 6), définissant les choix cliniques du plus conservateur au plus mutilant (14). Ce concept est à la base de toutes les réflexions cliniques : le respect de la vitalité pulpaire, de la fonction de la dent, de sa position, de la quantité et qualité de structure, des dents antagonistes et adjacentes (15).

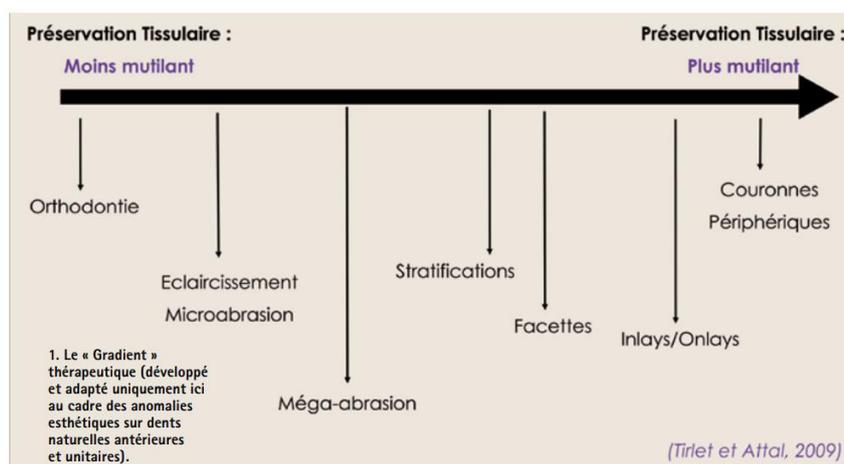


Figure 6 : Le gradient thérapeutique (14)

Le concept de dentisterie adhésive peut même être poussé plus loin en s'ouvrant à la notion de biomimétisme. Le terme « biomimétique » provient du grec « bios » et « mimesis » signifiant respectivement la vie et imiter. Le biomimétisme correspond à la notion de transfert de processus, de la biologie à la technologie. L'objectif d'aujourd'hui n'est donc plus de créer la restauration la plus solide mais plutôt d'émuler les tissus dentaires en reprenant les propriétés mécaniques, biologiques, fonctionnelles et esthétiques de la dent naturelle (1).

## B. L'adhésion

### 1) Les principes de l'adhésion

L'adhésion est l'ensemble des interactions physico-chimiques spécifiques qui contribuent à lier intimement deux corps. En odontologie, le principe fondamental de l'adhésion repose sur l'association d'une rétention micromécanique et d'une interaction physico-chimique entre les tissus dentaires et les biomatériaux de restauration (3,5,8). L'adhésion implique trois mécanismes : la micro-rétention, la mouillabilité et l'interaction chimique (15).

#### a- La micro-rétention

L'ancrage mécanique d'un revêtement sur une surface se fait au sein de ses aspérités. L'ancrage obtenu est fort si le substrat peut les infiltrer parfaitement. C'est en 1955 que Buonocore propose de mordancer l'émail à l'aide d'une solution d'acide orthophosphorique pour créer des anfractuosités de surface. Par ce principe, un verrouillage micromécanique est initié entre les deux substrats. Le contact intime entre les deux structures renvoie à la notion de mouillabilité (9,16).

#### b- La mouillabilité

Elle est déterminée par l'étalement d'un liquide à sa surface, mesurée par l'angle de contact qui idéalement doit être le plus faible possible. Cette propriété est établie par la tension, ou énergie de surface, se définissant comme l'énergie nécessaire pour rompre les interactions moléculaires. Les traitements de surfaces tels que le mordantage ou l'application de primaires d'adhésion (primers) visent à augmenter l'énergie de surface des substrats, optimisant ainsi leur mouillabilité. Les matériaux à lier doivent bénéficier d'une bonne mouillabilité (9).

#### c- L'interaction chimique

L'adhésion chimique est fondée sur la formation de liaisons fortes s'établissant à courte distance entre les atomes. Il est rapporté les liaisons ioniques (transferts d'électrons entre deux molécules possédant une grande différence d'électronégativité) et les liaisons covalentes (mise en commun d'électron). Ces interactions chimiques assurent aux éléments collés une importante résistance à la rupture et une meilleure durabilité (9).

### 2) Les systèmes adhésifs

L'évolution des adhésifs dentaires a suivi, depuis leur apparition, les progrès de la chimie et des polymères. Ainsi depuis 67 ans, de nombreuses générations de systèmes adhésifs ont été inventées. Ils sont classifiés internationalement en fonction de la stratégie de collage et du nombre d'étapes cliniques correspondant au nombre d'applications (Fig. 7) (5,17). On distingue ainsi deux grands systèmes :

- M&R (Mordançage et Rinçage) : les produits requièrent un mordançage suivi d'un rinçage préalable à l'emploi. Ils aussi appelés *total etch* ou *etch-and-rinse*. Ils sont appliqués en deux (MR2) ou trois (MR3) étapes.
- SAM : les produits sont appliqués directement sur les tissus dentaires sans aucun traitement préliminaire. Ces systèmes automordançants (SAM), aussi appelés *self-etch*, sont appliqués en une (SAM1) ou deux (SAM2) étapes (17).

La dernière génération d'adhésif apparue sur le marché peut, quant à elle, être utilisée selon les deux stratégies, MR ou SAM. Ce sont les adhésifs universels. Les monomères actifs qu'ils contiennent sont également susceptibles de se lier à des substrats non dentaires tels que les métaux d'où leur dénomination (3).

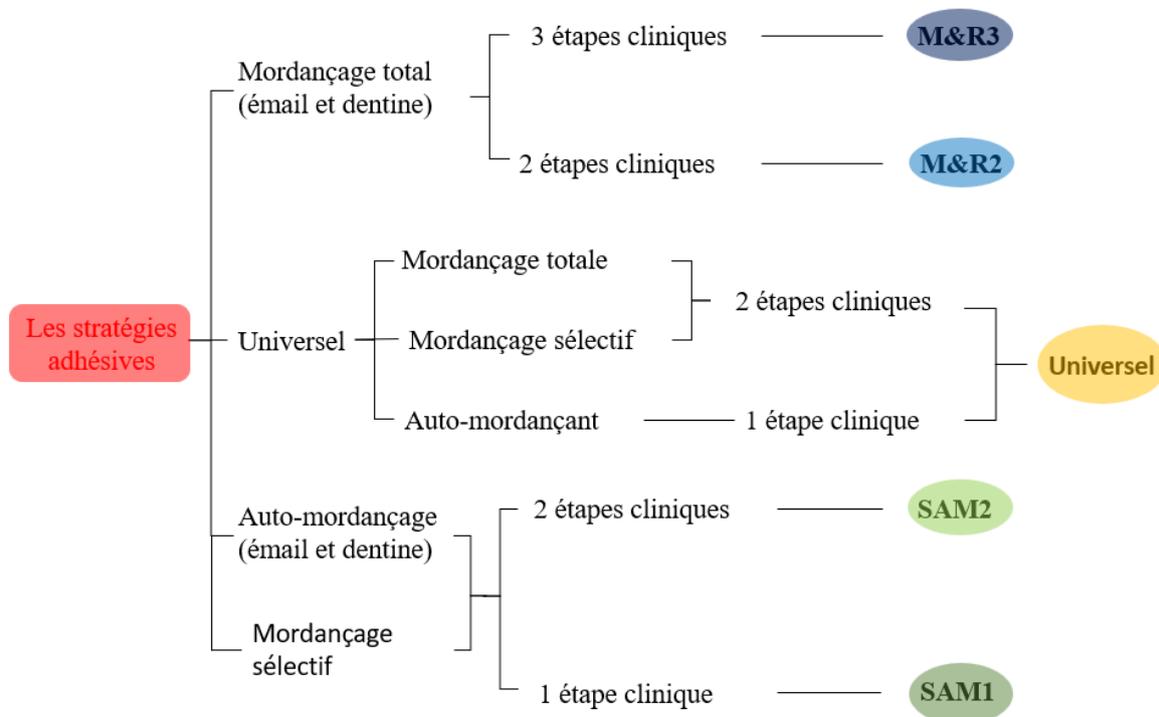


Figure 7 : Les différentes stratégies adhésives (18)

Aujourd'hui, si les MR3 et les SAM2 à pH doux constituent le *gold standard* en matière d'adhésion (17), les résultats obtenus, entre les différents adhésifs restent cependant très variables d'un opérateur à un autre. Les nouveaux adhésifs universels donnent d'excellents résultats en termes d'adhérence immédiate et en termes de tolérance à la manipulation mais le vieillissement du joint collés de ces adhésifs universels reste leur talon d'Achille (18).

### 3) Les objectifs de collage

L'objectif de l'adhésion est de s'affranchir des contraintes associées à la rétention. En comparaison avec le scellement, le collage offre une multitude d'avantages, notamment la préservation tissulaire, l'absence de rétention par l'élimination de rainures et d'angles vifs dans la préparation, une meilleure adaptation marginale, une répartition efficace des forces occlusales, et une approche globalement plus conservatrice. Au niveau des propriétés mécaniques, la méthode adhésive présente une résistance supérieure par rapport à la méthode rétentive, comme le met en lumière une étude comparative des différents ciments de scellement, soulignant la variabilité des propriétés mécaniques (5,15,19–21).

Suivant le concept du biomimétisme, les substrats de collage doivent s'inspirer de la JAD pour reproduire une adhésion idéale. L'adhésion est dans le but de simuler la JAD dans la liaison dent/restauration, présentée à travers trois interphases : matériau/résine, résine/émail, résine/dentine. Par les mécanismes de microrétention, de mouillabilité et d'interaction chimique, lorsque deux corps sont collés, ils fusionnent pour ne former qu'un. La fusion des deux corps est primordiale pour un succès à long terme. La capacité des résines de collage à reproduire la force de liaison de la JAD contribue à renforcer la dent, à amortir les contraintes, à inhiber la propagation des fissures, et optimise la résistance à la fracture et à la fatigue (1,9,22).

### III. CHOIX DU MODE DE RESTAURATION DENTAIRE

Les restaurations postérieures collées prennent de plus en plus de place dans la dentisterie actuelle. Néanmoins, la technique adhésive peut présenter plusieurs échecs post-opératoires. La cause la plus fréquente est la fracture, qui représente 62 % des échecs cliniques (23). Cette disparité est sûrement liée au manque d'indications claires et de compréhension de la résistance biomécanique de la dent. Quelles sont les indications d'une restauration directe ? Indirecte ? Un recouvrement cuspidien partiel ou total est-il nécessaire ? Quand doit-on conserver une paroi ou réaliser une préparation périphérique ? Quel est le matériau idéal pour restaurer une dent ? Il est parfois difficile pour le praticien de répondre à toutes ces questions. Cette partie va suivre un raisonnement clinique chronologique que peut avoir un praticien lors d'une restauration postérieure à réaliser. Toutefois, par la multitude de facteurs, l'organisation de cette partie est délicate. La prise en charge de la reconstitution de la dent sera mise en œuvre après analyse de la résistance biomécanique de la dent.

Dans ce sujet, il est important de dissocier les dents postérieures des dents antérieures. En effet, les dents postérieures sont histologiquement et anatomiquement différentes des dents antérieures. Les forces occlusales sont plus élevées et ces dernières sont majoritairement axiales dans le secteur postérieur, représentant une compression verticale. A contrario du secteur antérieur où les forces sont en cisaillement. Il n'y a pas non plus la même demande esthétique (2).

Au préalable, il est considéré que le praticien aura établi que la dent est conservable et les éventuels soins parodontaux seront effectués. Principalement, les critères d'avulsion sont fondés sur l'anamnèse et l'examen clinique. Les différents facteurs sont les facteurs généraux (état général du patient, troubles du système immunitaire, tabagisme, toxicomanie), les facteurs dentaires (lésions carieuses sous-gingivales, la hauteur clinique coronaire défavorable, le rapport couronne/racine insuffisant, la dent non conservable à la suite d'un traumatisme ou d'une fracture, l'état endodontique désavantageux), les facteurs parodontaux (atteintes furcatoires, mobilités, alvéolyses supérieures à 70%, maladies parodontales à un stade avancé) et les facteurs prothétiques et orthodontiques (analyse de la valeur de la dent dans le plan de traitement) (24,25).

Dans les indications présentées, il n'y a pas de consensus direct. Le praticien fera son propre choix mais devra prendre en compte les avantages et inconvénients des différents types de restaurations.

## A. Résistance biomécanique de la dent

Initialement, la dent saine présente des structures élémentaires dans le maintien de la résistance biomécanique. Par la perte de ces structures, la dent s'affaiblit.

### 1) Plan d'inflexion

Une zone coronaire à préserver pour la résistance biomécanique est la zone au-dessus du plan d'inflexion. Celui-ci se situe au niveau des courbes sigmoïdes de la dentine et de l'émail sur le tiers moyen de la couronne anatomique des dents postérieures, lorsque la surface de la dentine passe de concave à convexe (Fig. 8) (26).



Figure 8 : Distribution de la courbe sigmoïde et représentation des points d'inflexion, formant le plan d'inflexion (26)

*$V_e$  : volumen émail ;  $V_d$  : volume dentine*

Au-dessus de ce plan se trouve « un dôme de compression amélaire » selon Graeme Milicich. Celui-ci protège la dentine sous-jacente des forces de traction. Avec ce dôme, les forces de compression sont centrées au milieu de la dent. Par sa perte, la dentine est soumise à des contraintes de traction dépassant ses capacités. Les forces sont transformées et déviées (Fig. 9). Par conséquent, la dent rencontre une perte de résistance et l'échec principal qui se produit est une fracture oblique avec perte de la cuspide. C'est pourquoi, il est primordial de préserver cette structure protectrice dans la mesure du possible (27,28).

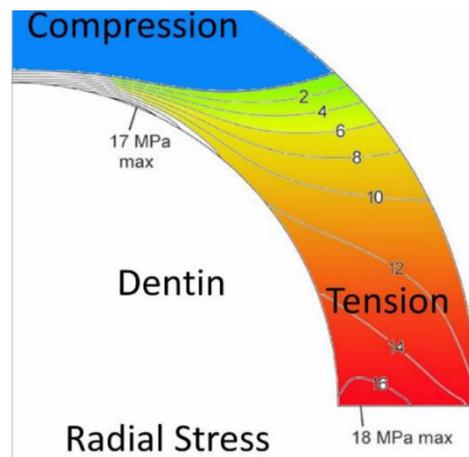


Figure 9 : Augmentation de la contrainte radiale dans la moitié cervicale de la dent (30)

## 2) Déflexion cuspidienne

Le phénomène de déflexion cuspidienne est défini par un écartement des cuspides l'une de l'autre lors d'une application d'une force. Elle est majorée par certaines procédures de restauration qui peuvent causer des fractures à la fatigue, un exemple concret est la restauration à l'amalgame (1). Les forces occlusales élevées sur les parois cuspidiennes résiduelles créent une surcharge au niveau du plancher de la cavité et de la paroi restante, impliquant un affaiblissement de la dent (Fig. 10). Cela est apparenté à un effet bras levier ou à un porte-à-faux. Les contraintes sont majorées selon la profondeur de cavité mais également de l'épaisseur des parois résiduelles (29–33).

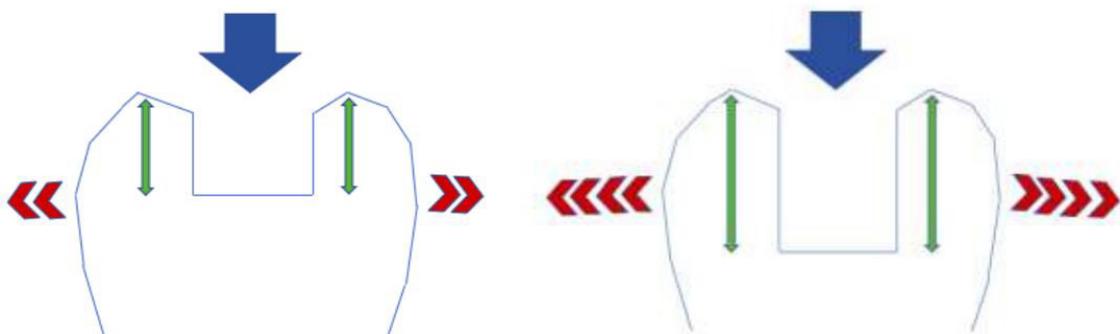


Figure 10 : Schéma illustrant le principe de la déflexion cuspidienne (35)

### 3) Une diminution de la résistance biomécanique causée par la perte tissulaire

La diminution de résistance biomécanique de la dent est directement corrélée à sa perte tissulaire. En conséquence, la perte tissulaire suite à la perte des crêtes marginales, l'augmentation de l'isthme occlusal et de la profondeur de la cavité sont les principales causes de la diminution de la résistance à la fracture (26,34).

#### a- Les crêtes marginales

Une étude intéressante sur ce sujet a été réalisée par Pascal Magne et Tevan Oganessian : une analyse par éléments finis basée sur la tomographie de la déviation des cuspidales prémolaires (35). Différentes préparations sont réalisées (Fig. 11) : dent saine dépourvue de cavité (NAT), dent non restaurée avec préparation mésio-occlusale (MO), dent non restaurée avec préparation mésio-occluso-distale ou MOD, dent non restaurée avec préparations indépendantes mésiale et distale (SLOTS), dent restaurée au composite avec préparation mésio-occlusale, dent restaurée au composite avec préparation MOD, dent restaurée au composite avec préparations indépendantes mésiale et distale.

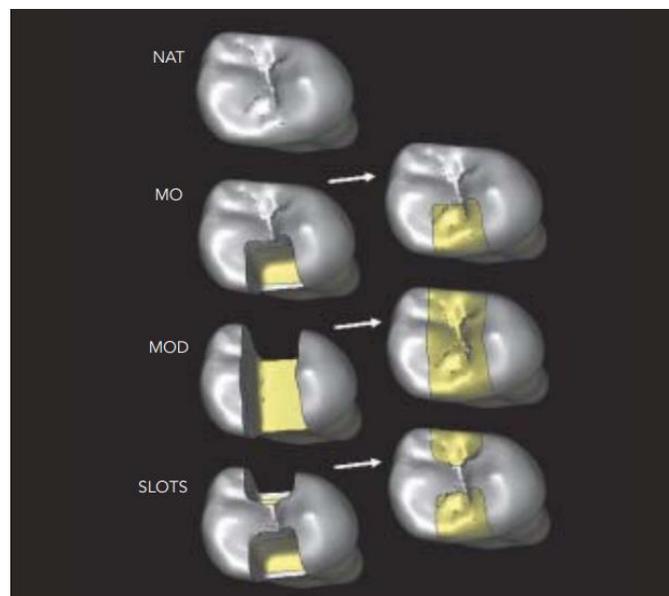


Figure 11 : Configuration des différentes cavités avec ou sans restauration au composite (35)

La relation linéaire entre la charge générée et la déformation cuspidienne illustre la rigidité cuspidienne (Fig. 12).

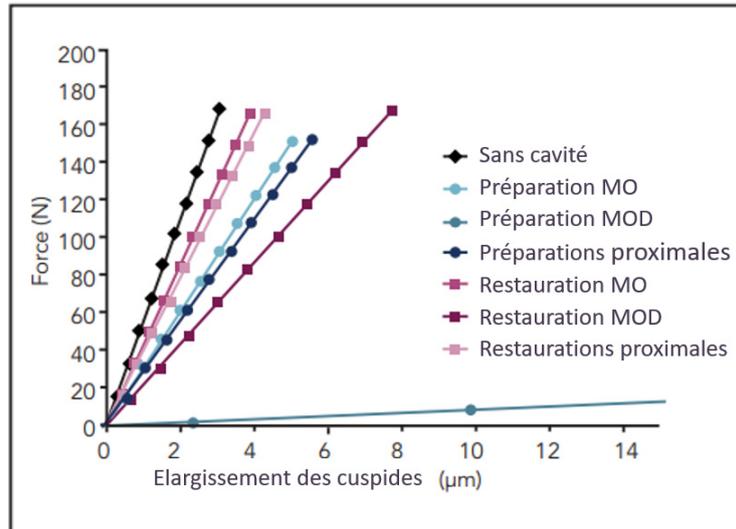


Figure 12 : Simulation d'une charge occlusale par une sphère par rapport à l'élargissement des cuspides pour chaque conception (35)

D'après les résultats de l'étude, il est noté une évolution progressive de chaque conception. Il est montré une augmentation de déformation et donc une diminution de résistance lorsque la cavité est plus importante. Concernant la cavité MOD, la déformation des cuspides est concrètement accentuée. **En somme, lors de l'éviction tissulaire et de la réalisation de la préparation, la préservation des crêtes marginales est élémentaire, dans la mesure du possible (35).**

#### b- Profondeur de la cavité et épaisseur de l'isthme

Lors de la préparation occlusale, les cuspides, encore présentes, sont apparentées à une poutre en porte-à-faux. Deux dimensions apparaissent : l'épaisseur de l'isthme occlusale ainsi que la profondeur de la cavité. Elles vont jouer un rôle primordial dans la résistance de la dent (31).

Une étude a été réalisée en 1981 par Larson et Douglas sur l'effet de la largeur de l'isthme dans la résistance de la dent. Deux cavités occlusales ont été comparées : une étroite, représentant un quart de la distance intercuspidienne, et une plus large, représentant un tiers de la distance intercuspidienne. Les résultats ont montré une différence significative entre les deux largeurs ainsi qu'avec le groupe témoin. De ce fait, il en est déduit que la perte de résistance d'une dent est impactée par la largeur de l'isthme occlusale (36). D'autres études plus récentes rejoignent la même idée et il en ressort la même valeur. **Les fractures sont plus fréquentes lorsque l'isthme**

est plus large que 1/3 de la distance intercuspidienne correspondant à une valeur de 3 mm d'épaisseur de la paroi résiduelle (23,37).

Une étude sur la résistance à la fracture *in vitro* des dents molaires restaurées, a été étudiée par Forster *et al.* Elle définit l'effet de porte à faux de la paroi cuspidienne résiduelle (31). Le plancher de la cavité présente une contrainte et un point d'appui à la flexion de ces cuspidés. Cela est majoré en fonction de la profondeur de la cavité (29,31). Forster *et al.* présente plusieurs cavités MOD d'épaisseurs et de profondeurs différentes, formant 10 groupes dont un groupe témoin : trois épaisseurs d'isthme différentes, 3,5 mm, 2,5 mm et 1,5 mm, où est assigné pour chaque groupe trois profondeurs différentes, 3 mm, 5 mm et 7 mm (correspondant à une profondeur de cavité d'une dent traitée endodontiquement) (31).

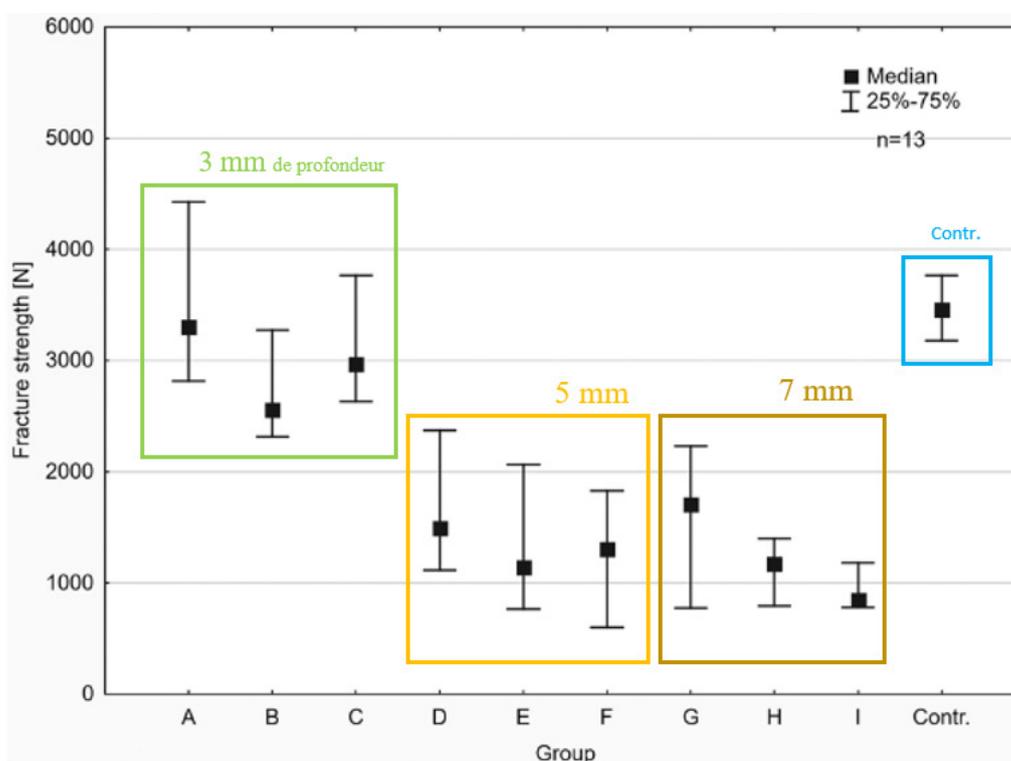


Figure 13 : Résistance à la fracture et écart type des groupes testés (31)

Profondeur/épaisseur de paroi par groupe. A : 3 mm/3,5 mm, B : 3 mm/2,5 mm, C : 3 mm/1,5 mm, D : 5 mm/3,5 mm, E : 5 mm/2,5 mm, F : 5 mm/1,5 mm, G : 7 mm/3,5 mm, H : 7 mm/2,5 mm, I : 7 mm/1,5 mm. Contr. : groupe contrôle

Après analyse des valeurs (Fig. 13), les résultats des tests sont les suivants :

- Le groupe témoin et le groupe de profondeur de 3 mm n'ont pas statistiquement de différence.
- Concernant, les groupes de 5 et 7 mm, il est retrouvé une différence avec le groupe témoin et avec les groupes de 3 mm.
- Au sein des groupes de profondeur de 3 mm, pas de différence significative.
- Entre les groupes de profondeur de 5 et de 7 mm, aucune différence statistique entre eux.

En conclusion, l'hypothèse de l'impact de la profondeur et de l'épaisseur des cavités sur le risque à la fracture est confirmée. **Lorsque la profondeur est faible (3 mm), il y a peu de conséquence par rapport au groupe témoin** et quelque soit l'épaisseur de l'isthme. **Concernant les cavités plus profondes, avec des épaisseurs plus ou moins importantes (à partir de 5 mm), la résistance à la fracture a presque diminué de moitié.** Toutefois, si la cavité d'accès est additionnée à la perte des crêtes marginales, il y a une forte diminution de la résistance à la fracture. Concernant les épaisseurs des cavités, ce facteur serait significativement moins important comparé à la profondeur (31). Le facteur prédominant est la profondeur de la préparation, vient ensuite l'épaisseur résiduelle des parois et donc de la dentine interaxiale (31).

En résumé, la prévention et la gestion des risques ne peuvent être faites qu'après l'analyse et la compréhension de la biomécanique dentaire. De nombreuses études ont analysé le comportement de la dent lors des contraintes masticatoires en comparant différents types de restaurations. Chaque étude a la même conclusion, après perte tissulaire, la dent subit des déformations cuspidiennes majorées et une perte de résistance mécanique qui augmentent le risque à la fracture. Le but étant d'étudier comment est-il possible de rendre la dent résistante et de limiter les risques (35).

La prise en charge biomécanique est une réflexion à avoir systématiquement car chaque perte tissulaire est soumise à une conséquence biomécanique. Il est donc important, et conseillé à ce jour, de réaliser une éviction carieuse partielle dans les cavités profondes afin de minimiser la perte tissulaire et d'essayer de conserver la vitalité pulpaire quand cela est possible (38,39).

## B. Diagnostic pulpo-dentinaire

Avant de réaliser la restauration d'une dent, il est nécessaire d'évaluer l'état pulpaire de la dent. Plusieurs critères décisionnels vont être pris en compte. Le diagnostic pulpaire sera étudié en fonction de l'anamnèse, de l'examen clinique et des radiographies (Fig. 14) (40).

Concernant l'anamnèse, l'âge du patient est un facteur intéressant. Plus il est jeune, plus le potentiel réparateur est élevé. C'est-à-dire, la capacité à revenir à l'état pulpaire initial sain. Une préparation *a minima* sera donc réalisée afin de préserver au maximum la vitalité pulpaire chez le jeune patient. En revanche, le patient âgé a un potentiel réparateur diminué. Le choix du traitement est donc plus facilement tourné vers la réalisation d'un traitement endodontique (TE) (40).

À propos de l'examen clinique et de la symptomatologie, les notions de douleurs provoquées et de douleurs spontanées vont être évoquées.

**La douleur provoquée** est une douleur qui cesse lors de l'arrêt du stimulus causal (thermique, chimique, mécanique ou osmotique). Un processus inflammatoire pulpaire s'est installé mais celui-ci est mineur et **réversible**.

D'un autre côté, **les douleurs spontanées**, constantes et lancinantes, se produisent même en l'absence du stimulus. L'inflammation pulpaire est majeure et **irréversible**. Il est possible que le processus s'aggrave et s'oriente vers une nécrose pulpaire.

Ces critères sont estimés à l'aide de différents tests. Les plus utilisés sont le test au froid et le test électrique. Avec ces tests, quatre diagnostics sont possibles :

- Pulpe normale si réponse au stimulus sans douleur et sans prolongation.
- Aucune réponse si pulpe nécrosée.
- Douleur sévère et prolongée ou spontanée si inflammation irréversible, pulpite irréversible.
- Douleur moyenne et brève si inflammation réversible, pulpite réversible (40).

Ces examens pulpaires peuvent être limités et subjectifs : patient dépendant (avec l'âge, le patient à une réponse diminuée) et praticien dépendant. Il faut être vigilant avec les faux positifs. Il est primordial de toujours réaliser les tests comparatifs sur les dents controlatérales. La douleur spontanée et exacerbée ainsi que la nécrose pulpaire restent les facteurs prédominants pour un TE. **Les douleurs provoquées ou l'absence de symptôme orientent vers une préservation pulpaire, avec coiffage direct et temporisation si besoin, *a contrario* où les douleurs spontanées orientent plutôt vers un traitement endodontique.** Si un doute persiste, il est possible d'ouvrir la chambre pour évaluer l'inflammation pulpaire (40).

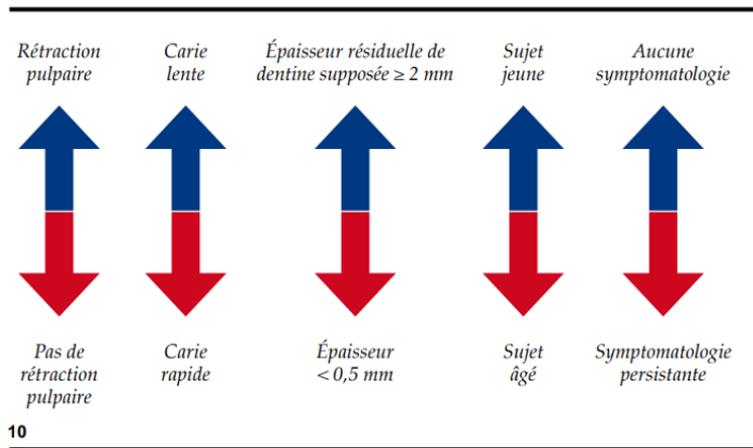


Figure 14 : Critères de traitement endodontique (en rouge) ou de préservation tissulaire (en bleu) (40)

À la suite du diagnostic pulpaire, si le choix du traitement endodontique est avéré, certaines conséquences peuvent en découler.

### C. Conséquences d'une dent traitée endodontiquement

Il est convenable de comprendre et de savoir les modifications et altérations de la dent suite au traitement canalaire pour pouvoir élaborer un plan de traitement fiable (41). Le but d'un traitement endodontique est de désinfecter la chambre et les canaux pulpaire, puis d'obturer de manière étanche à l'aide de matériaux inertes (8).

À la suite d'un traitement endodontique, les premières idées reçues sont une fragilité accrue de la dent. Le taux de survie d'une dent traitée endodontiquement serait inférieur à celui de la dent vivante (41). En effet, le risque d'échec serait 80% inférieur pour les dents vivantes comparé aux dents traitées endodontiquement (42). Il est intéressant de voir quels impacts peut avoir un traitement canalaire et quelles incidences cela peut avoir sur la future restauration.

La dent perd sa vitalité à la suite du traitement endodontique mais elle n'est en réalité pas admise comme tissu mort dû à son ancrage dans l'os alvéolaire par le ligament alvéolodentaire. Ainsi, elle est capable d'assurer sa fonction physiologique (41,43). Au niveau qualitatif des tissus, l'émail n'est pas modifié. Seulement la perte quantitative est retrouvée, ce qui induit une perte mécanique. À propos de la dentine, elle peut se dégrader au cours du temps mais cela n'a pas de conséquence sur la résistance de la dent. Les tissus restent des barrières de protection efficaces face à l'infection. Du point de vue chimique, la dent subit une agression tissulaire par les produits utilisés lors du TE. Toutefois, la littérature démontre qu'il n'y a pas d'impact significatif sur les

tissus dentaires (41). Au cours du temps, la dent traitée endodontiquement subit une dyschromie. Cet inconvénient est seulement esthétique et ne doit pas limiter l'intérêt du traitement (41). De plus, la dyschromie serait liée en partie par la présence de ciment dans la chambre et cela peut être évitable. La dent n'est en réalité pas plus fragile du point de vue histologique. C'est plutôt la perte tissulaire qui aura un impact sur la résistance mécanique de la dent.

En général, une dent traitée endodontiquement a subi une grosse perte de substance dentaire à la suite d'un processus carieux, une carie secondaire ou encore une fracture. En effet, lorsqu'on évalue le diagramme ci-dessous (Fig. 15), une simple cavité d'accès à une perte de 5% de résistance, 20 % lors d'une cavité d'accès plus étendue et 63 % lors d'une cavité MOD (41). En effet, les crêtes marginales ont leur importance dans la résistance biomécanique et la perte d'une crête marginale induit systématiquement une perte de résistance (44). A cela, s'ajoute un taux de survie inférieur lorsque la perte de substance est importante (41).

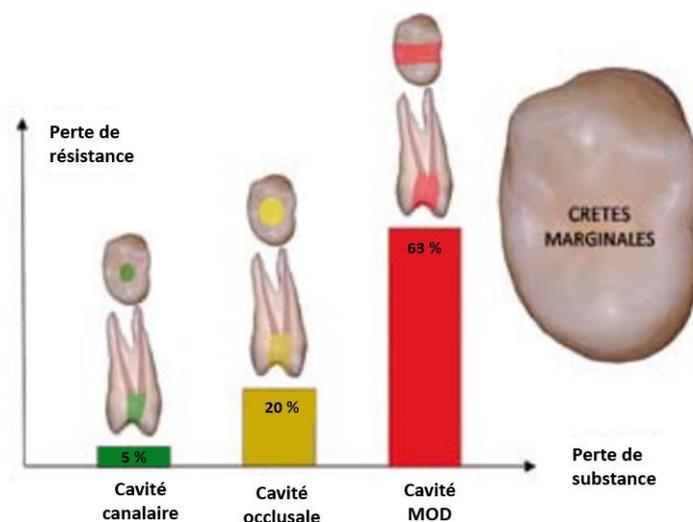


Figure 15 : La perte de résistance de la dent traitée endodontiquement en fonction de la perte de substance (41)

La perte de résistance à la suite de la perte tissulaire rejoint l'étude de Forster sur la conséquence de la profondeur de la cavité.

Le critère le plus important à retenir est donc la perte de substance, suite à la préparation de la cavité d'accès, l'instrumentation, la préparation d'un potentiel ancrage radiculaire, qui diminue fortement les propriétés mécaniques face à la résistance à la fracture de la dent (45). Pour limiter ces risques, un bon diagnostic du complexe pulpaire est élémentaire et la reconstitution coronaire se fera après validation du TE. De plus, la dentisterie *a minima* a son importance : être le moins invasive possible afin d'avoir une préparation et une cavité d'accès non élargie (44).

## D. Stratégies de restauration dentaire

Une analyse biomécanique doit être effectuée en fonction de la perte tissulaire et des parois résiduelles lors de la restauration d'une dent. Ainsi, chaque degré de perte tissulaire est assimilé à un critère de décision et fournit une ligne directrice sur les stratégies de restauration.

Le premier facteur est le volume de la cavité. Le volume se définit par la profondeur de la cavité, le nombre de parois restantes (entre 0 et 4) et leur épaisseur, ainsi que la perte tissulaire verticale.

### 1) Profondeur de la cavité et parois résiduelles

D'après la littérature, il a été vu qu'à partir d'une certaine profondeur de cavité, la dent subit une importante perte de résistance biomécanique. Ainsi, la profondeur de la cavité joue un premier rôle sur le choix de la restauration de la dent postérieure. Dans les différentes situations cliniques, la méthode adhésive est choisie en priorité. Toutefois, les restaurations adhésives sont soumises au stress de polymérisation impacté par les facteurs C et V. Ce stress est plus ou moins conséquent en fonction de la méthode adhésive, directe ou indirecte. Cela va nous orienter vers la décision thérapeutique.

Le phénomène de stress de polymérisation correspond à la contraction du composite lors de sa polymérisation qui engendre des contraintes sur les parois résiduelles. Cela génère plusieurs conséquences telles que la propagation des fissures de l'émail, l'augmentation de la déflexion cuspidienne, la diminution de la force de liaison, des sensibilités post-opératoires. Il est corrélé à deux facteurs : le facteur C et le facteur V (46,47).

Le facteur C (Figure 16) est le rapport du nombre de surface de composites collées aux parois cavitaires sur le nombre de ses surfaces libres. Des études ont prouvé que l'application de composite par couche oblique diminue le facteur C et donc la contraction de polymérisation (29,48). D'autre part, lors de la polymérisation, il a été prouvé qu'une lumière à trop haute intensité augmente la contraction de polymérisation. Ainsi, une lumière à démarrage progressif est préférable. Ces techniques ne suppriment pas le retrait de polymérisation mais le limitent. Ce retrait détermine ainsi la durabilité de la restauration (48,49). Dans l'idéal, le facteur C doit être le plus faible possible.

Le facteur V correspond au volume de la cavité à restaurer. Les contraintes sont proportionnelles au volume de la restauration et la majoration de contrainte influe sur la déflexion cuspidienne. Toutefois, il est possible de limiter les contraintes de polymérisation avec un nouveau procédé :

les résines composites bulk, qui permettent d'obturer en un seul incrément. Il faut rester prudent avec cette technique car, à ce jour, il existe peu de recul clinique (38,50,51).

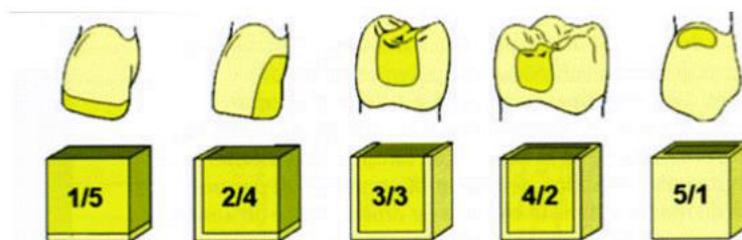


Figure 16 : Le facteur de configuration cavitaire ou « Facteur C » (47)

Malgré l'évolution des résines composites, celles-ci présentent un important retrait de polymérisation. Ce critère est d'autant plus important que l'ampleur du volume de la restauration est conséquente, en rapport avec les facteurs C et V (48,52,53). Les restaurations indirectes (RI) présentent moins de contraction de polymérisation comparé à la technique directe car le phénomène de stress de polymérisation est minimisé et il est situé seulement au niveau du joint de collage (49).

Différentes études permettent d'interpréter ces notions. L'étude de Dejak *et al.* a analysé les contraintes dans les cavités MOD de classe II dans les restaurations directes et indirectes. Il est reconnu une meilleure étanchéité et moins de contraintes lors des forces masticatoires pour les RI dû au retrait de polymérisation des restaurations directes (RD). De ce même point de vue, dans l'article de da Rosa Rodolpho *et al.*, sur un suivi sur 17 ans, la fréquence d'échec connaît une proportion assez élevée concernant les restaurations au composite directe sur les molaires de classe II et sur les restaurations de grand volume (54). Lors de l'étude de Hofsteenge *et al.*, les conclusions suivantes ont été tirées : lors d'un recouvrement cuspidien, la RI montre de meilleurs résultats et lors d'une faible perte tissulaire sans perte des cuspides, la RD est conseillée (26).

Concernant les dents traitées endodontiquement, les RD restent un taux de survie considérablement réduit. En effet, les dents traitées endodontiquement correspondent aux cavités de fortes profondeurs (supérieures à 4 mm) illustrées par Forster *et al.* De cette façon, elles suivent les mêmes conséquences sur le stress de polymérisation (2,31,55–58).

De nombreuses études existent pour confronter les deux méthodes. Dans la revue littéraire d'Angeletaki *et al.*, (49), trois essais contrôlés randomisés *in vitro* ont été réalisés afin d'apporter une réponse sur la durabilité des restaurations composites directes et indirectes. Ils analysent les critères d'échec suivants : paramètres de longévité, sensibilité post-opératoire, carie secondaire, décoloration marginale. Toutefois, les études n'ont montré aucune différence significative entre

les deux méthodes par rapport aux critères recherchés. Il est considéré la même conclusion selon les études d'Antonelli *et al.* La longévité clinique opposant les restaurations directes et indirectes en composite ne note aucune différence significative (52). Au niveau de la durabilité, les restaurations composites postérieures ont un taux de survie à 5 ans de 97 à 99 % pour les classes I et II de Black, ce qui est satisfaisant (55).

Ici, il sera important de comprendre que les deux méthodes montrent leur efficacité. De manière générale, les RD montrent des résultats convaincants face au RI, toutefois leur performance est minorée face à certaines situations cliniques. En reprenant l'étude de Forster *et al.*, **les cavités de faible profondeur (inférieur à 4 mm) minimisent la déflexion cuspidienne. De ce fait, le stress de polymérisation des RD est atténué et la méthode directe peut être réalisée sans conséquence. Les RI seront préconisées pour les cavités supérieures à 4 mm, dents traitées endodontiquement comprises (48,52,53).**

L'article de Cardoso *et al.* et celui de Pallesen *et al.*, s'appuient sur les mêmes conclusions, **pour les restaurations de faible perte tissulaire, l'absence de recouvrement cuspidien, une cavité de faible profondeur, inférieur à 4 mm, la RI n'apporte pas de bénéfice face à la RD. Ainsi pour éviter les coûts, le surplus de séance et les préparations légèrement plus invasives, la méthode directe est préconisée (2,59,60).**

## 2) Le recouvrement cuspidien

Il est intéressant de nous demander s'il est utile de faire une réduction préventive des cuspides afin de limiter les risques de fracture causés par la perte tissulaire ou alors de restaurer simplement les tissus manquants. Cette question est dure à répondre car plusieurs facteurs se présentent : la profondeur de la cavité centrale, les parois résiduelles, les crêtes marginales interproximales, les fissures, les lésions cervicales. Ces facteurs sont à prendre en compte simultanément afin d'avoir une analyse d'ensemble (2).

### a- Profondeur de la cavité et parois résiduelles

Les critères de profondeur et d'épaisseur des parois résiduelles, représentant la dentine interaxiale résiduelle, sont les facteurs cruciaux (2).

Le but était d'avoir des critères de décisions sur le recours au recouvrement cuspidien ou non. En reprenant l'étude de Forster *et al.*, le facteur décisionnel est lié à la profondeur de la cavité

par rapport aux parois cuspidiennes qui créent un porte-à-faux, ainsi qu'à la présence ou non des crêtes marginales. Il est retrouvé deux zones.

La « zone de sécurité », avec une profondeur faible, cavité inférieure à 4 mm (dents vivantes sans cavité d'accès endodontique), où le recouvrement cuspidien ne serait pas nécessaire si les parois résiduelles sont suffisamment épaisses (supérieures ou égale à 1mm). Une simple restauration adhésive directe des tissus perdus est suffisante.

La « zone dangereuse » avec une profondeur importante, cavité supérieure ou égale à 4 mm (cavité profonde et dents traitées endodontiquement) et association d'une perte d'une crête marginale. La RI est préconisée dans ces situations cliniques.

D'autres études sont en accord avec le besoin d'un recouvrement cuspidien. En effet, il a été montré que les taux de survie globale d'une dent traitée endodontiquement sans recouvrement cuspidien, à 1,2 et 5 ans sont de 96, 88 et 36%. Ainsi, il est préconisé de protéger les cuspidés pour la pérennité de la dent. Cela est également recommandé pour les dents vivantes avec de fortes pertes tissulaires (cavité MOD, faible épaisseur de dentine résiduelle) (61).

Un recouvrement cuspidien est également recommandé si perte de plus d'un tiers de la structure de la cuspide, correspondant à une paroi résiduelle inférieure ou égale à 3 mm lorsque que la profondeur de cavité est importante (23,36,37).

Ces études sont réalisées *in vitro*, or selon Dietschi *et al.*, le parodonte est à prendre en compte pour la résistance mécanique *in vivo*. En effet, l'os cortical, l'os spongieux et le ligament parodontal ont respectivement un module d'élasticité qui leur est propre : 7-20 GPa pour l'os cortical, 0,5-0,76 GPa pour l'os spongieux et 1-50 MPa pour le ligament. Ainsi, il faut rester plus souple sur les critères de recouvrement car les données des études *in vitro* ne peuvent être prises *stricto census*.

En somme, en regroupant les différentes études et après analyse des résultats, **un recouvrement cuspidien sera en général indiqué pour les cavités plus profondes de 4 mm sauf si l'épaisseur résiduelle de 3 parois est convenable (au moins 3 mm). Pour les cavités peu profondes, inférieures à 4 mm, un recouvrement est préconisé lorsque l'épaisseur des parois est inférieure à 1 mm.**

Après décision sur le recouvrement ou non des cuspidés, il est intéressant de se demander si le recouvrement de la dent doit être total ou alors partiel.

#### b- Les crêtes marginales

Selon Pascal Magne et Tevan Oganessian, il a été montré que la déformation des cuspidés est concrètement accentuée lorsque que la cavité est MOD. Par ce principe, pour limiter cette

déviations cuspidiennes, un recouvrement est approprié (35). Toutefois, il n'est pas précisé dans l'étude à partir de quelle profondeur de la cavité nous devons recouvrir. Dans cette situation, il est judicieux de mettre en commun les différentes études. Sachant que selon Forster *et al*, c'est lorsque la cavité est supérieure à 4 mm, qu'une déformation cuspidienne est significative. **De ce fait, un recouvrement cuspidien sera recommandé lorsque que la cavité est MOD et de profondeur importante (31,35).**

#### c- Recouvrement partiel ou total

Le recouvrement partiel ou total va dépendre encore une fois des facteurs structurels : en fonction de la perte tissulaire, de la profondeur de la cavité et de l'épaisseur des parois résiduelles. Si la perte tissulaire est globale, le recouvrement est évidemment total.

**Pour les cavités de faible profondeur, seulement les parois résiduelles inférieures à 1 mm seront recouvertes.**

**Pour les cavités de profondeurs importantes, le recouvrement supplémentaire sera en fonction des recommandations mentionnées en amont. Une paroi résiduelle doit atteindre 3 mm d'épaisseur pour être conservée, sinon sa réduction sera effectuée. Les cavités MOD sont également une indication pour un recouvrement total si la profondeur est importante.**

Dans chaque situation clinique, il faut évaluer les avantages et les inconvénients en fonction des différents facteurs. Un équilibre doit être établi entre la dentisterie mini-invasive et les stratégies de protection (2,30,35–37,37,42).

Concernant le type de cuspides, les cuspides guides et les cuspides linguales montrent plus de risque à la fracture en comparaison des cuspides d'appui et des cuspides vestibulaires (23,34,37). Cela est dû à l'orientation et l'intensité des forces masticatoires sur les cuspides guides (38). En effet, les cuspides d'appuis sont généralement plus volumineuses, hormis les prémolaires supérieures. *A contrario* des cuspides non fonctionnelles, ou cuspides guides, qui sont plus étroites, ont une plus faible épaisseur d'émail et une inclinaison plus faible pour supporter les mouvements de mastication. Ainsi, une attention particulière doit se faire sur ce type de cuspide (30). De plus, dans le guidage latéral, la prémolaire peut plus facilement être intégrée dans une fonction groupe. Par conséquent, les cuspides assimilées subissent des charges de cisaillement et de ce fait, elles peuvent être intégrées davantage dans un recouvrement cuspidien afin de limiter les fractures (62).

**En outre, les cuspides à risque sont plus facilement associées dans un recouvrement (2,37,63).**

D'autres critères sont tout de même à prendre en considération : la présence de fêlures et de lésions cervicales.

#### d- Les fêlures

En cas de fêlures de la dent, il est noté une fragilisation car elle peut rapidement progresser dans la dentine et évoluer en fracture. Il est intéressant de les diagnostiquer pour éviter qu'elles progressent et de prévenir des échecs à court terme. Il est pris en considération que si la fêlure est seulement située dans l'émail, cela n'est pas avérée comme facteur de risque à la fracture. Les fêlures peuvent être symptomatiques : douleur au froid, douleur spontanée et douleur à la pression (64,65), ou asymptomatiques. La transillumination ou un test de morsure peut aider à les identifier (2).

Les fêlures de l'émail peuvent progresser dans la dentine et sur le long terme former des fractures. De ce fait, par prévention de cette progression, une gestion de ces traits doit être mise en place.

Il est retrouvé un manque de clarté dans la littérature si l'élimination complète de la fêlure doit être réalisée ou non. Les recommandations dans la gestion des fêlures ne sont pas évidentes et il n'est pas retrouvé de consensus. La gestion doit être faite au cas par cas. Il a été suggéré tout de même dans la plupart des études, **qu'une couverture complète des cuspides avec un matériau rigide (LiSi) soit nécessaire lorsque la fêlure n'est pas éliminée** (2,66).

#### e- Lésions cervicales

Concernant les lésions cervicales, il est possible de les restaurer simplement en composite directe. Ce n'est donc pas un facteur décisionnel. Toutefois, si la lésion cervicale est de profondeur importante, elle rentre dans le critère de l'épaisseur des parois résiduelles. De plus, **si une préparation vestibulaire est nécessaire pour la résistance ou d'un point de vue esthétique, la restauration sera incluse dans le recouvrement cuspidien**. C'est-à-dire, que la marge cervicale sera jusqu'à la lésion. Il est important néanmoins de rechercher l'étiologie de la lésion (érosion, récession, habitudes alimentaires,...) afin d'élaborer une phase de prévention et un traitement approprié (2).

Pour conclure sur la nécessité du recouvrement cuspidien, plusieurs contextes ont été présentés ci-dessus et le but est d'avoir des lignes directives cliniques avec des stratégies de protection.

## f- Préparation du recouvrement cuspidien

Dans le cas où le recouvrement complet est sans expansion axiale, il se retrouve des « table tops » ou des « facettes occlusales ». Mis à part le critère esthétique, il n'y a pas besoin d'avoir d'extension axiale supplémentaire dans la préparation (2). Pour l'inclusion des crêtes marginales et le point de contact ou non, la question ne se pose pas si les structures sont déjà perdues. Toutefois, un doute persiste lorsque les cuspides adjacentes sont recouvertes. Plusieurs critères vont être mis en jeu :

- Une épaisseur résiduelle des parois doit être suffisante,
- Une épaisseur minimale en fonction du matériau doit être respectée avec une réduction uniforme,
- La création d'un bon profil d'émergence,
- Les risques des caries secondaires doivent être prise en compte chez les patients à potentiel carieux élevé (2).

Au niveau de la conception, elle doit suivre la concavité de la dent naturelle pour une préparation homothétique, ce qui correspond à une réduction occlusale concave. Du côté de la ligne de finition périphérique, il est retrouvé plusieurs possibilités (Fig. 17).

### i. La marge conservatrice

La marge conservatrice est une marge à 90 °. Elle est simple de préparation mais pas la plus idéale du point de vue esthétique et du point de vue de l'adhésion. Les prismes d'émail seront parallèles à la préparation et la force de liaison ne sera pas optimale. L'adhésion est idéale lorsque les prismes d'émail sont perpendiculaires (2).

### ii. La marge esthétique

La marge esthétique est l'ajout d'un léger chanfrein ou biseau. Elle permet une meilleure adhésion que la marge conservatrice par la préparation en biais de l'émail et une plus grande adhérence sur la surface augmentée du tissu amélaire (2,38).

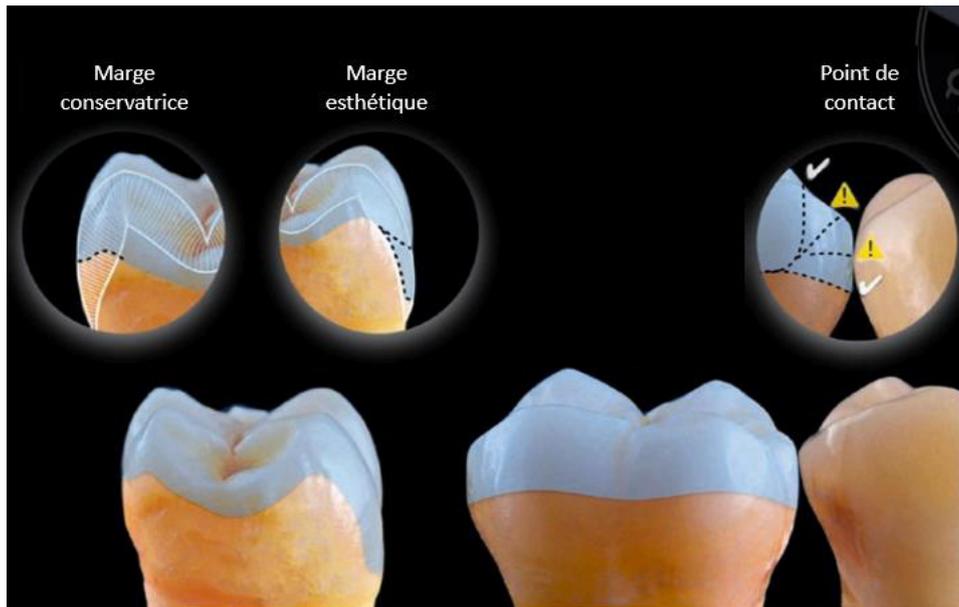


Figure 17 : Principe de préparation des restaurations adhésives indirecte au niveau de la marge cervicale (2)

### 3) Extension de la préparation

Lors de la préparation du recouvrement cuspidien, une diminution de la hauteur de la dent est créée sur une surface « plane » et sans rétention. Même si l'adhésion possède une forte adhérence, elle a ses limites. Il va parfois falloir ajouter à la préparation une réduction verticale et cela va dépendre de plusieurs critères.

Deux grands facteurs sont mis en jeu sur la gestion de l'extension axiale : un facteur tissulaire et un facteur mécanique.

Le facteur tissulaire correspond au fait que plus la paroi axiale est réduite, moins il y a d'épaisseur d'émail en direction gingivale (7). Toutefois, l'adhésion sur l'émail est primordiale du fait de sa microstructure. Il y a un principe d'emboîtement mécanique et physique entre la résine et les porosités créés par l'acide lors du mordantage (4,5,17).

Concernant le facteur mécanique, la réduction de la paroi axiale est corrélée à une charge horizontale de traction de la restauration au niveau de l'interface adhésif. Ce principe suit les recommandations faites par Milicich avec le dôme amélaire et le plan d'inflexion. Il est nécessaire de rester au-dessus du plan pour garder les forces de compression centrées au milieu de la dent (Fig. 8 et 9) (27).

Par conséquent, il est intéressant d'établir un seuil pour lequel une résistance mécanique doit s'ajouter et une extension axiale doit être réalisée. Néanmoins, aucune étude n'a été réalisée ce jour concernant cette hauteur. Or, il peut être concluant d'élaborer des recommandations sur

des critères de réflexion clinique. D'après Cardoso *et al*, le seuil se situerait vers la ligne du plus grand contour de la dent, soit autour de la moitié de la couronne anatomique (2). Pour les dents sujettes à l'érosion ou à une pathologie parodontale, cela correspond 2 à 3 mm de la jonction cémento-amélaire pour les dents postérieures. Il est à noter que ce seuil est une réflexion clinique et à cela s'ajoute la variabilité anatomique. Il peut être suggéré trois grades (2) :

- Perte tissulaire verticale légère : sur plus de deux tiers de la périphérie de la dent, parois au-dessus de la moitié de la hauteur de la couronne anatomique.
- Perte tissulaire verticale modérée : entre un tiers et deux tiers de la périphérie de la dent, parois au-dessus de la moitié de la hauteur de la couronne anatomique.
- Perte tissulaire verticale sévère : sur moins d'un tiers de la périphérie de la dent, parois au-dessus de la moitié de la hauteur de la couronne anatomique.

Après classement des pertes de tissus, plusieurs suggestions en découlent.

**Pour les pertes tissulaires légères, pas de conception supplémentaire n'est à inclure en plus des préparations préalablement citées.**

**Concernant les pertes tissulaires modérées, par la perte d'épaisseur de l'émail et de la structure verticale, il est préconisé d'avoir un complément soit par une résistance mécanique soit par une zone adhésive supplémentaire.** Il est retrouvé dans les indications une préparation axiale des parois partielle ou complète, qui s'apparente à une couronne adhésive, ou alors l'utilisation de la chambre pulpaire si la dent a été traitée endodontiquement, qui correspond à une endocouronne. Il est même possible de retrouver ces deux indications, sous le nom d'endocouronne avec préparation axiale périphérique (2). À propos de la conception d'une endocouronne, une extension d'environ 3 mm est créée dans la chambre pulpaire, ainsi qu'une divergence de 6 à 12 degrés et une largeur marginale cervicale de 2 mm minimum (67).

**Dans les cas de perte tissulaire sévère, une endocouronne ou une couronne « traditionnelle » sont envisagées (2).** Lorsque la perte tissulaire est sévère, l'adhésion est compromise. Même si une endocouronne peut être envisagée et que les résultats cliniques sont bénéfiques, le maintien et la survie de la restauration ne jouent plus sur l'adhésion car la force de liaison n'est pas fiable dans ces situations. C'est la résistance qui doit être au centre de la décision thérapeutique. De ce fait, les données scientifiques d'aujourd'hui confirment dans l'idée qu'une couronne « traditionnelle » est plus optimale. C'est d'autant plus important lorsque la dent ne présente peu ou pas de ferrule à l'état initial (2,68).

#### 4) Gestion des zones sous-gingivales

Après la gestion du recouvrement cuspidien et des éventuelles préparations axiales, la prise en charge des zones sous-gingivales est effectuée.

Si le choix d'une restauration adhésive est pris, la limite marginale doit-être juxta voire supra-gingivale afin de faciliter les procédures de collage. Il est utile de créer un effet ferrule si celui-ci est absent. Plusieurs solutions sont proposées pour la gestion des zones sous-gingivales :

- Ablation des tissus mous et/ou des tissus durs par élongation coronaire (gingivectomie et/ou ostéotomie).
- Elévation de la marge cervicale par technique directe si restauration adhésive.
- Extrusion par procédé orthodontique si limite infra-osseuse (2).

Il est conseillé de s'orienter d'abord vers l'élévation de la marge cervicale ou de relocalisation de la marge cervicale. Avec cette solution, il y a un maintien des tissus biologiques et une absence d'intervention chirurgicale. Néanmoins, la technique est difficile. L'isolation doit être parfaite à l'aide d'une digue et la reconstitution doit être faite à l'aide de matrice pour que le collage soit optimal. Si l'élévation de marge n'est pas applicable, la solution de l'ablation des tissus peut être faite mais le respect de la hauteur de l'attache supra-crestale doit être conservé. C'est-à-dire une hauteur minimale de 2-3 mm entre la limite prothétique et l'os crestal (38,67).

**Toutefois, si la création de ferrule n'est pas envisageable, le choix thérapeutique peut se tourner vers l'avulsion.**

#### E. Ancrage radiculaire

Lorsque la perte tissulaire est importante et que la dent est traitée endodontiquement, il peut être retrouvé un manque de résistance concernant la restauration. L'utilisation de tenons pour assurer le maintien biomécanique des restaurations suscite un débat intéressant. Dans la restauration traditionnelle, l'utilisation des tenons était systématique car dans les dogmes, il renforçait la dent. De plus, le système de santé français incite le recours de l'ancrage suite au remboursement de celui-ci par l'Assurance Maladie (43). Maintenant, d'autres propositions ont été soumises depuis la naissance des techniques adhésives : le remplacement des tenons coulés par des tenons en fibre de verre ou les reconstitutions en composite fibré. Ces techniques sont moins invasives. Toutefois la question est toujours la même : est-il nécessaire de restaurer la dent avec un tenon et dans quelle situation ?

## 1) L'effet ferrule

Le facteur crucial pour la reconstitution des dents avec un TE est la présence ou non de l'effet ferrule, qui correspond à la structure dentaire coronaire verticale restante (Fig. 18) (69). Après réduction tissulaire pour la préparation de la restauration, il est déterminant de préserver l'effet ferrule pour le maintien de la survie de la dent traitée endodontiquement, c'est le principal facteur pour la survie de la dent afin d'éviter les fractures. L'épaisseur minimale restante pour l'efficacité de l'effet ferrule est de 1 mm à 2 mm (69–71).

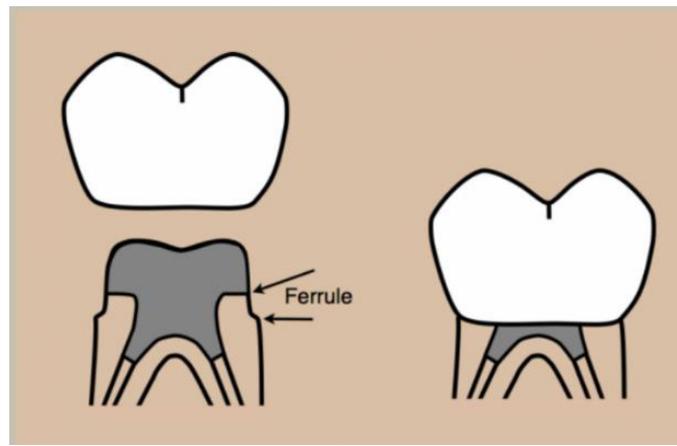


Figure 18 : Image représentant une ferrule sur une molaire (71)

Des études récentes ont analysé l'effet bénéfique ou non d'un tenon si un effet ferrule est présent. Ils ont conclu que celui n'était pas nécessaire et qu'il n'apportait pas réellement d'amélioration dans le taux de survie. En effet, la rétention est apportée par la ferrule (69). D'autres articles insistent sur ce fait, seulement les dents ne bénéficiant pas de ferrule ont la nécessité d'avoir un ancrage radiculaire (70).

Pour sûr, la ferrule est un élément considérable dans la résistance biomécanique de la dent. Le taux de survie est plus important. Néanmoins, les études ne s'alignent pas sur le besoin supplémentaire d'un tenon (70).

## 2) Les différents types de tenons

Les tenons se présentent sous différents types. Il est proposé les tenons coulés et les tenons en fibre de verre.

Les tenons coulés sont des tenons métalliques. Ils sont très largement utilisés dans la dentisterie traditionnelle. Toutefois, il est souvent source de fracture radiculaire nécessitant l'extraction (43). Les contraintes des forces masticatoires se concentrent dans la racine. Ce phénomène est dû au fait que le tenon métallique possède un module d'élasticité plus élevé que la dentine, 200 GPa pour le métal contre 20 GPa pour la dentine, et toutes les forces se transmettent donc à l'apex du tenon jusqu'au niveau apical de la dent. Ainsi, cette concentration de force représente la zone de la fracture radiculaire (Fig. 19) (72).

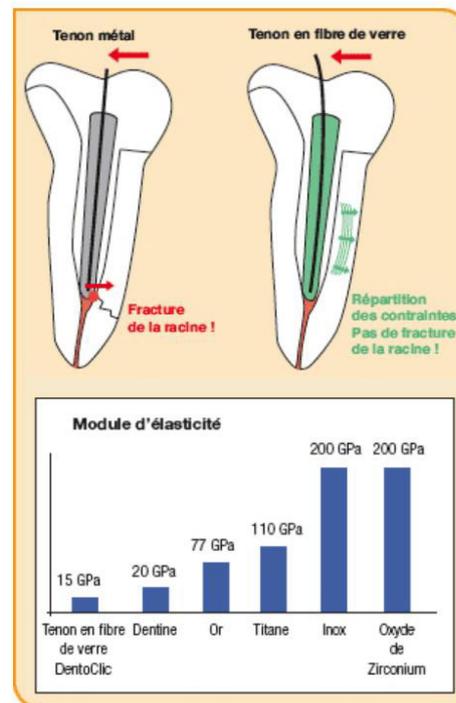


Figure 19 : Schéma comparant les modules d'élasticité des tenons métalliques et des tenons en fibre de verre (72)

Les tenons en fibre de verre utilisent la méthode adhésive. En comparaison des tenons coulés, le module d'élasticité se rapproche de celui de la dentine (43,69). Ils sont respectivement de 15 et 20 GPa. La répartition des contraintes le long de la racine est donc retrouvée (43,69). Toutefois, un doute persiste sur son efficacité. Un pourcentage plus important d'échec et avec des contraintes moins importantes est présent avec les tenons à fibre de verre du fait d'une technique adhésive dans la zone radiculaire complexe (8,41,43,61,67,73). En revanche, en comparaison des fractures radiculaires causées par les tenons métalliques, les échecs montrent des fractures non catastrophiques où la dent est encore conservable (43,69).

### 3) Choix thérapeutique

L'utilisation ou non d'ancrage radiculaire est subjective, difficile de justifier à partir de quand faut-il ajouter un tenon supplémentaire à la restauration. Dans toutes les situations, la présence d'une ferrule est nécessaire pour limiter les risques de fracture est c'est le facteur le plus important. Si celle-ci est absente, il est possible d'aménager la zone sous-gingivale décrite plus haut. Dans la continuité de cette idée, le nombre de parois résiduelles est corrélé à la résistance mécanique de la dent. Le tenon peut être recommandé lorsque faible présence de paroi résiduelle, c'est-à-dire lorsque l'effet ferrule est plus ou moins présent (67). Il n'y a pas réellement de consensus clair. Sachant que les risques et les échecs des tenons coulés et des tenons à fibre de verre sont conséquents, se tourner vers une dentisterie sans ancrage radiculaire peut être une solution concernant les dents postérieures en possession d'une ferrule (69).

Davantage d'études doivent être réalisées afin de pouvoir prendre une décision plus claire sur la pratique de l'ancrage radiculaire.

## F. Critères supplémentaires

Dans chaque situation clinique, le praticien doit faire face à des facteurs supplémentaires prenant en compte le patient afin d'avoir un regard global. De plus, si le choix thérapeutique entre plusieurs options s'avère difficile, ce seront ces derniers critères qui guideront la prise de décision.

### 1) Risque carieux

Il a été montré dans les essais cliniques que le risque carieux élevé exerçait une importante influence dans la longévité de la restauration. En effet, le taux d'échec en lien avec la reprise carieuse ou le décollement serait deux fois supérieur en comparaison un patient avec un faible risque carieux. Les échecs sont généralement dus par des caries secondaires (55). De ce fait, il est utile de pouvoir restaurer ou remplacer facilement. La restauration directe est préférable dans cette situation. Ensuite, si la RI est choisie, il est judicieux de s'orienter vers les restaurations en composite car elles sont plus faciles à réparer et à réintervenir que les restaurations céramiques.

En contrepartie, le biofilm s'accroche plus facilement sur le composite. Ainsi si le risque carieux du patient n'est pas maîtrisé, une restauration au CVI peut-être envisagée. De plus, un patient avec un risque d'incidence carieux élevé favoriserait **l'inclusion des crêtes marginales, des points de contacts afin d'avoir un recouvrement plus complet et d'éviter les caries**

**secondaires proximales.** Il est préférable de recouvrir une plus grande surface dentaire tout en gardant une limite supragingivale pour un accès au brossage, un contrôle et une réintervention plus facile (2).

## 2) Contexte occlusal

Le contexte occlusal est un sujet parfois difficile et flou pour le praticien. Il faut prendre en compte dans ces situations cliniques la position de la dent sur l'arcade, en particulier les dents situées en postérieur, les occlusions non équilibrées en présence d'édentement, l'absence de guidage antérieur (classe III). À propos de ce dernier point, si celui-ci n'est pas présent, les dents postérieures sont moins protégées et il existe un excès de charge. Par ce principe, **la présence de surcharge oriente vers un recouvrement cuspidien** (38).

Les parafunctions du patient interviennent dans le choix thérapeutique, notamment le bruxisme. Le bruxisme est une parafunction dans le système masticatoire la plus courante. Il désigne le fait de serrer et/ou de grincer des dents à des fins non fonctionnelles et qui survient de manière involontaire pendant le sommeil et/ou pendant la journée. L'étiologie est multifactorielle et l'étude de Johansson *et al.*, montre qu'une surcharge est omniprésente sur les restaurations, ce qui engendre des échecs de restauration plus importants. Malheureusement, il n'y a actuellement pas de traitement efficace mais il est essentiel de sensibiliser le patient et d'avoir une prise en charge psycho-somatique. Il est donc nécessaire d'inclure ce facteur dans la prise en charge globale thérapeutique (55,74).

De ce fait, il faut être prudent dans la mise en place dès la conception de la reconstitution de la dent. **Concernant le choix du matériau, il doit y avoir un consensus entre la résistance du matériau, la conservation de la rigidité dentaire et la prise en compte des dents naturelles en opposition.** Dans les cas où la céramique a été choisie, il faudra que celle-ci soit bien polie en dépit de l'usure de la dent antagoniste. Il est possible que ce type de matériau subisse des écaillages ou même des fractures dû aux fortes contraintes occlusales. Du côté des composites, l'usure du matériau peut être 3 à 4 fois supérieure par rapport aux céramiques. De ce fait, les avis sont partagés pour le choix du matériau (19,49,60,74).

Le rôle du praticien est d'analyser ce contexte occlusal dans sa prise en charge globale.

### 3) Anatomie dentaire

L'anatomie de la dent est un critère à prendre en compte et il est changeant en fonction du type de la dent et de sa position dans l'arcade.

Dans la littérature, il est mentionné que les prémolaires maxillaires sont plus fragiles en comparaison des autres dents postérieures. Elles sont plus sujettes aux fractures verticales, qui sont des fractures non restaurables. La dent prémolaire présente une anatomie complexe face à une zone de forte charge masticatoire. À cela s'ajoute une zone de stress au niveau d'un sillon prononcé dans la racine vestibulaire des premières prémolaires. Ces anatomies défavorables et leur fragilité intrinsèque les rendent plus susceptibles à une fracture.

Ainsi, il existe une distinction entre les prémolaires et les molaires et la prise de décision sur la reconstitution de la dent évolue. La molaire possède une chambre pulpaire plus conséquente ainsi que des parois plus épaisses. De ce fait, elle bénéficie d'une surface avantageuse dans les procédures de collage comparé à la prémolaire. C'est pourquoi pour cette dernière, **le choix thérapeutique s'oriente plus aisément vers un recouvrement cuspidien** (43,70).

Concernant le type de cuspides, comme il a été vu, **les cuspides à risque sont plus couramment intégrées dans un recouvrement cuspidien** (2,30,37,62,63).

### 4) Opérateur et patient dépendants

Concernant le facteur praticien, dans les études cliniques, il n'est en général pas pris en compte. Sachant que lorsque son travail est impliqué dans un essai clinique, il sera plus consciencieux. Bien que la méthode adhésive mais également la méthode directe soit très opérateur dépendant, car il est retrouvé une gestion de la contraction de polymérisation, un choix du matériau, une volonté de « bien faire » et une gestion de l'anatomie. **Par la difficulté et la complexité des techniques adhésives, le praticien nécessite une maîtrise pour réaliser ces techniques sinon des échecs seront retrouvés. En contrepartie, si la méthode est contrôlée, l'adhésion sera forte et le besoin de la résistance du matériau sera secondaire. Le choix thérapeutique peut s'orienter davantage vers la RD** (1).

Du côté du patient, plusieurs éléments se présentent : **l'hygiène bucco-dentaire, les moyens financiers, l'âge et la demande esthétique.**

De façon générale, le patient doit maintenir une bonne hygiène bucco-dentaire, des habitudes alimentaires saines, et maintenir un suivi bucco-dentaire de manière fréquent afin de préserver les restaurations dentaires (65).

Un autre critère à prendre en compte est le poids financier. Il est possible que le patient ne se dirige pas forcément vers le choix thérapeutique le plus adapté mais le choix le plus avantageux financièrement, refusant ainsi la méthode indirecte car celle-ci est trop onéreuse (1,57).

Concernant l'âge du patient, plus il est jeune plus la notion de préservation tissulaire sera importante. Une restauration non mutilante sera préconisée pour ralentir le cercle de la mort de la dent afin que le jeune patient garde sa dent le plus longtemps possible sur l'arcade. Il sera intéressant également de choisir une restauration où la réintervention n'est pas compliquée (1,2,75).

Pour une volonté esthétique, une préparation axiale périphérique partielle correspondant à un veneerlay peut être envisagée, pour que le joint marginal ne soit visible sur la face vestibulaire. Cette préparation supplémentaire sera aux dépens de la préservation tissulaire (2).

## E. Indications et critères de choix du matériau dans le secteur postérieur

Actuellement, les restaurations collées postérieures (RCP) sont généralement réalisées par deux matériaux principaux : le composite et la céramique. Le choix du type de matériau joue un rôle élémentaire dans la durabilité de la restauration et de la dent.

### 1) Lien avec le biomimétisme et présentation des matériaux

#### a- Principe du biomimétisme

P. Magne et U. Belzer, en développant le concept du biomimétisme, considèrent qu'il faut remplacer les tissus durs de la dent par des matériaux qui rétablissent durablement l'intégrité dentaire. Ainsi, il est important d'analyser les biomatériaux lors des essais cliniques afin qu'ils puissent simuler le comportement de l'émail et de la dentine.

En reprenant le Tableau 2 et les valeurs de résistance à la traction, de module d'élasticité et de coefficient de dilatation thermique, les résines composites se rapprochent des propriétés de la dentine et la céramique de celles de l'émail (1). De plus, concernant les céramiques, les propriétés optiques sont également optimales (19).

Tableau 2 : Comparaison des propriétés des composites et des céramiques face à celles des tissus durs de la dent (1,3,76)

<i>Propriétés</i>	<b>Dentine</b>	<b>Email</b>	<b>Composite</b>	<b>Céramique Vitreuses</b>	<b>Céramiques polycristallines (Zircone)</b>
<i>Coefficient de dilatation thermique</i>	8,3.10 <sup>-6</sup> /°C	11,4.10 <sup>-6</sup> /°C	20-40	13-16	-
<i>Module d'élasticité</i>	18,3 GPa	84,1GPa	10 à 20 GPa (1)	70 Gpa (1)	210
<i>Résistance à la traction</i>	98,7 MPa	10,3 MPa	40-60	20-40	-
<i>Dureté</i>	68 HK (Knoop) 90 HV (Vickers)	383 HK 408 HV	-	460HV(76)	1200 HV

Dans l'idéal, une combinaison céramique et composite remplaçant respectivement l'émail et la dentine serait une solution pour reprendre le biomimétisme de la dent. Le matériau de restauration a son importance suite à son impact sur la résistance biomécanique de la dent (34).

#### b- Les résines composites

Les résines composites sont couramment utilisées pour les RD, mais elles peuvent également être employées dans le cadre de RI. Leur taux de survie dans les différentes méthodes de restauration adhésives est très acceptable sur le long terme. Elles respectent l'approche non-invasive et ce matériau est moins abrasif pour les dents antagonistes comparé aux céramiques (2).

De manière générale, les résines composites possèdent des propriétés satisfaisantes et une grande résistance à la fracture. Toutefois, certaines propriétés physiques et optiques ont leur limite telles que le module d'élasticité. Celui-ci a une valeur 80 % inférieure à celui de l'émail. Lors de la reconstitution d'une dent par du composite, il est probable que la rigidité de la dent ne soit pas récupérée en totalité. Quant à ses contraintes de retrait lors de la polymérisation et son coefficient de dilatation thermique élevé, cela peut être néfaste pour la restauration de la dent (1). De plus,

les résines ont un potentiel d'usure occlusal relativement élevé, qui est de 12 à 50  $\mu\text{m}/\text{an}$ , en comparaison de l'usure physiologique de l'émail qui est d'environ 8  $\mu\text{m}/\text{an}$  (48,65).

### c- Les céramiques

Les céramiques présentent des propriétés physiques et optiques optimales capables de s'imprégner dans le milieu buccal. Elles bénéficient de plusieurs avantages (5,37,65) :

- Stabilité chimique,
- Biocompatibilité,
- Faible conductivité thermique,
- Résistance à l'usure,
- Résistance à la compression plus importante,
- Translucidité et fluorescence.

Du point de vue des inconvénients par rapport aux résines composites, ils ont un coût plus onéreux et une résistance à la fatigue plus faible.

Plusieurs céramiques sont sur le marché avec des propriétés variables. Certaines sont plus résistantes aux charges de compression, d'autres sont plus esthétiques. Leur utilisation va dépendre des indications thérapeutiques.

- Les céramiques feldspathiques : indiquées pour les facettes, ont des propriétés optiques avantageuses. Elles ne sont pas recommandées pour les dents postérieures car pas assez résistantes face aux forces masticatoires postérieures.
- Les céramiques enrichies en leucites : indiquées pour les dents postérieures du fait de leur propriétés mécaniques adaptées aux forces masticatoires car elles ont un grand pouvoir de résistance à la fracture dû à l'apport de leucites dans la composition. Leurs propriétés mécaniques sont améliorées aux dépens de leur propriété optique en comparaison de la céramique feldspathique. En revanche, les vitrocéramiques renforcées en leucite doivent avoir au moins 2 mm d'épaisseur.
- Les céramiques à base de disilicate de lithium : elles possèdent de meilleures propriétés mécaniques et adhésives que la céramique enrichie en leucites. De plus, l'épaisseur minimale est d'1 mm comparé aux 2 mm de la leucite. Ces céramiques en plus de la technique pressée peuvent bénéficier de la technique CAD/CAM par usinage.
- Les céramiques polycristallines dont les zircons : elles détiennent une très bonne résistance à la flexion mais ont moins d'aptitude au collage. Ainsi, leur indication se tournera vers la couronne.

**Par son aptitude au collage et ses propriétés mécaniques, la céramique à base de disilicate de lithium paraît la céramique la plus adaptée pour les RCP (2,76,77).**

L'avènement de la technique Cad/Cam basée sur le numérique permet de nouveaux avantages tels que la précision, l'efficacité et la réduction du temps de traitement. Toutefois, cela pousse à confronter cette méthode face à la technique pressée. Une étude comparative des deux méthodes sur la couronne monolithique en disilicate de lithium montre de meilleures performances à la fatigue pour la technique pressée face à la technique Cad/cam (78). Au niveau de l'ajustement marginal, c'est également la technique pressée qui révèle de meilleurs résultats avec des différences significatives en comparaison de la technique Cad/cam sur les couronnes en disilicate de lithium mais pas de différence significative sur les onlays. Dans les deux analyses, les deux techniques restent acceptables (79).

#### d- Facteurs mécaniques

Globalement, le taux de survie des composites et des céramiques est très respectable sur les restaurations adhésives partielles. Il est de 90 % pour les deux types de matériaux à 5 ans. Toutefois, les composites connaissent une faiblesse significative par rapport aux céramiques concernant le taux de survie à 10 ans, qui sont respectivement de 80 et 85 % (61).

Plusieurs facteurs mécaniques ont été analysés.

Les concentrations de contrainte face aux fortes charges occlusales ont été étudiés par Gomes de Carvalho *et al.*, en fonction du type de matériau (19,34) :

- Les disilicates de lithium : la contrainte de traction se situe sur la surface de la restauration. De ce fait, peu de décollement et de fracture dentaire se présentent.
- Les résines composites : la contrainte de traction se situe dans la structure dentaire, ce qui signifie un taux de fracture de restaurations minoré mais **lorsque la dent est fragilisée (parois résiduelles fines, fêlures), ce matériau est largement déconseillé auquel cas la fêlure pourrait être disséminée.**

Pour Shibata *et al.*, le point de vue des contraintes mécaniques sont les mêmes. Le comportement de céramiques face aux forces masticatoires est similaire au comportement de la dent naturelle : les concentrations de contraintes se situent à la surface de la restauration comme c'est le cas sur la dent initiale. Cela protège les tissus résiduels et l'interface dent/restauration pour retrouver une rigidité de la structure dentaire (77).

D'après les études de Incau et Zunzarren, les résines composites sont moins rigides et répartissent les contraintes par déformation sur la structure dentaire. Par ce principe, la dent

présente plus de risque à la fracture (30,37). Si les contraintes générées sont trop importantes, c'est la structure de la restauration qui cède en plus grosse proportion que la structure dentaire (37). De plus, une déflexion cuspidienne est également accentuée (30). En contrepartie, selon Costa *et al*, les céramiques influencent sur la résistance et sur la déflexion cuspidienne, ainsi la probabilité à la fracture est diminuée (34). **De ce fait, pour les profondeurs de cavité importantes afin de minimiser la déflexion des cuspides, le choix thérapeutique sera tourné sur les céramiques.**

Les deux matériaux présentent des résultats cliniques concluants. Chacun défend ses performances. Les céramiques et les résines ont leurs propres indications cliniques. Le facteur biomécanique reste le choix prédominant dans la décision thérapeutique. En reprenant les différentes études, les propriétés mécaniques des céramiques se rapprochent de celles de l'émail. Il est possible après restauration de récupérer presque 100% de la rigidité de la dent grâce à un module d'élasticité semblable à l'émail. C'est pourquoi, **lorsque la dent présente une fragilité, une fêlure et a un besoin de recouvrement cuspidien, la céramique est le matériau indiqué** (1,30,34,37).

## G. Guide décisionnel

## RECONSTITUTION D'UNE DENT POSTERIEURE

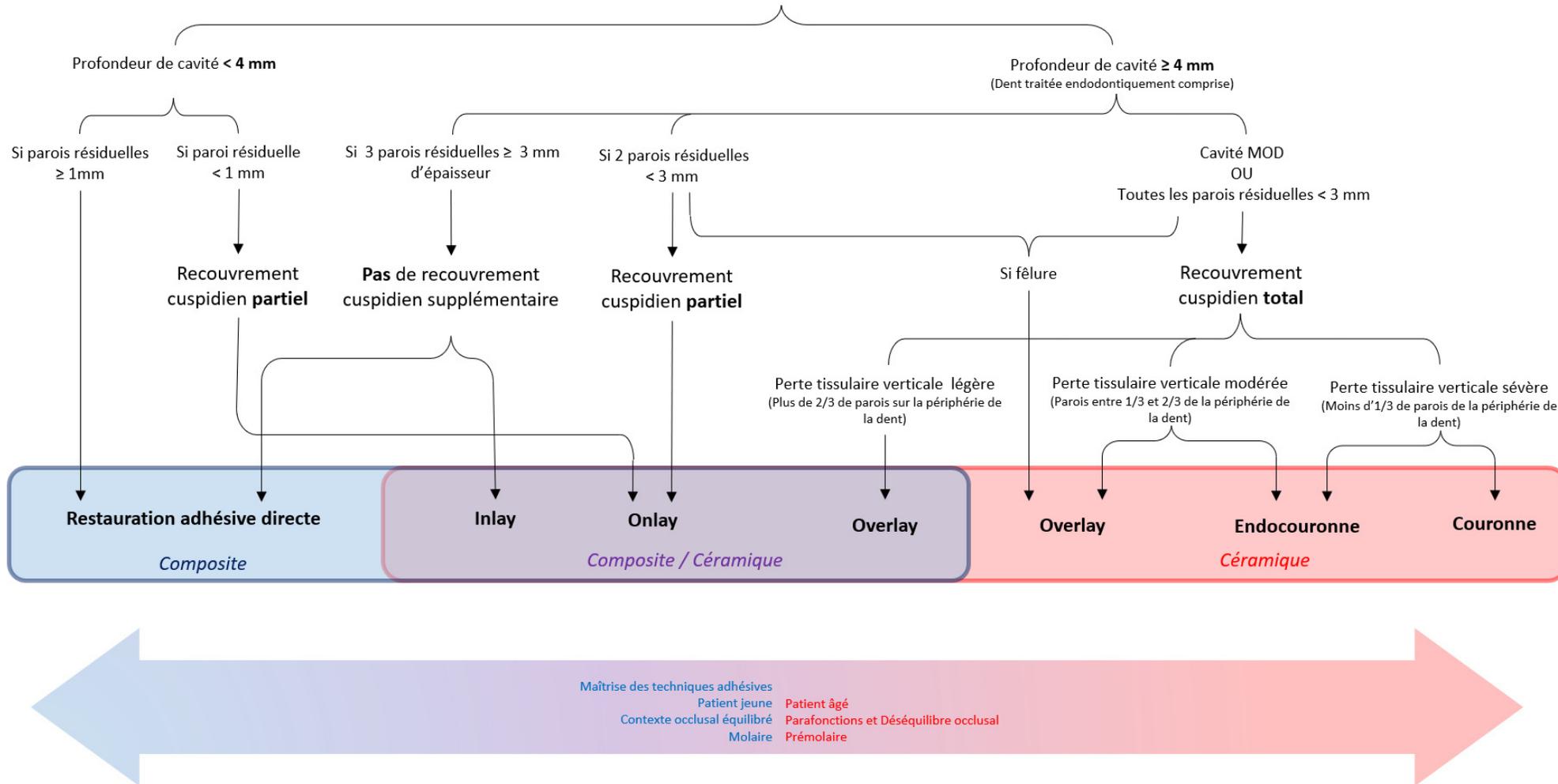


Figure 20 : Guide décisionnel sur le choix de la restauration postérieure

## CONCLUSION

Lorsque le praticien est face à la situation de restaurer une dent postérieure, il est amené à se poser plusieurs questions sur le type de restauration et la préparation tissulaire appropriée. Cette difficulté du choix de la restauration est corrélée par la complexité structurelle de la dent ainsi que les nombreuses contraintes qu'elle subit, tout en essayant de respecter les principes de la préservation tissulaire et du biomimétisme. Ce travail de thèse permet d'éclairer les praticiens sur des principes à intégrer dans la réflexion clinique dans le choix de la restauration des dents postérieures.

Biomécaniquement, la dent est moins résistante à la suite d'une perte tissulaire. Le premier facteur qui va orienter la décision thérapeutique est la profondeur de la cavité. Pour les restaurations de moins de 4 mm, la restauration directe en composite est indiquée. Pour les restaurations de plus de 4 mm, l'indication sera une restauration indirecte afin de minimiser le stress de polymérisation.

Le deuxième facteur à prendre en compte est le nombre et l'épaisseur des parois résiduelles qui vont influencer la déflexion cuspidienne et le risque de fracture. Ainsi pour les cavités peu profondes, inférieures à 4 mm, un recouvrement est préconisé uniquement lorsque l'épaisseur de la paroi est inférieure à 1 mm. Tandis que le recouvrement cuspidien sera indiqué pour les cavités plus profondes de 4 mm sauf si l'épaisseur résiduelle de 3 parois est convenable, soit au moins de 3 mm. Certaines cuspides à risque, tels que les cuspides guides ou les cuspides des prémolaires, seront intégrées plus facilement dans le recouvrement cuspidien.

L'absence des crêtes marginales peut indiquer un recouvrement cuspidien total, lorsque l'épaisseur résiduelle des parois est inférieure à 3mm et que la cavité est de profondeur importante. Il a été également indiqué qu'une couverture complète des cuspides est nécessaire lorsque qu'une fêlure n'est pas totalement éliminée.

Dans le cas des recouvrements cuspidien total, il est important d'évaluer la perte verticale. Pour les pertes légères, l'overlay est indiqué mais pour les pertes modérées, une préparation supplémentaire peut-être préconisé pour des raisons esthétiques (veneerlay) ou mécanique (endocouronne). Dans les cas de perte tissulaire sévère, une endocouronne ou une couronne seront envisagées. Concernant les ancrages radiculaires, la littérature diverge et il est difficile de se prononcer. En effet, seule un facteur semble unanime et crucial : la présence de l'effet ferrule pour assurer le maintien de la résistance biomécanique des restaurations postérieures.

À cela s'ajoutent des critères supplémentaires tels que le risque carieux, le contexte occlusal, l'anatomie dentaire ou la maîtrise des techniques adhésives qui peuvent influencer le choix de la restauration vers la droite ou la gauche du guide décisionnel.

Par la complexité du choix thérapeutique, le praticien doit faire face à une analyse multifactorielle et chaque situation clinique est à prendre au cas par cas. Il est nécessaire de parvenir à un équilibre entre la pratique de la dentisterie mini-invasive et l'adoption de stratégies de protection pour la prévention et la gestion des risques à court terme. Un guide décisionnel sur le choix thérapeutique de la reconstitution d'une dent postérieure a été réalisé. Cette démarche a permis d'établir des lignes directrices quant aux stratégies de restauration des dents postérieures. Il ne s'agit pas seulement de suivre des recommandations strictes avec des consensus directs mais plutôt d'avoir des lignes directrices flexibles.

## Table des illustrations

Figure 1: Vue au microscope d'une coupe transversale de l'émail visualisant l'organisation de l'émail prismatique (4).....	6
Figure 2 : Schéma représentant les différentes zones dentinaires lors des lésions carieuses cavitaires (3).....	9
Figure 3: Photos d'une première prémolaire maxillaire représentant les contours des différents tissus durs de la dent (7).....	11
Figure 4 : Schéma de la relation spatiale des fibrilles de collagène de la JAD (1) .....	12
Figure 5 : Le cercle de la mort de la dent (1) .....	14
Figure 6 : Le gradient thérapeutique (14).....	15
Figure 7 : Les différentes stratégies adhésives (18) .....	17
Figure 8 : Distribution de la courbe sigmoïde et représentation des points d'inflexion, formant le plan d'inflexion (26) .....	20
Figure 9 : Augmentation de la contrainte radiale dans la moitié cervicale de la dent (30) .....	21
Figure 10 : Schéma illustrant le principe de la déflexion cuspidienne (35) .....	21
Figure 11 : Configuration des différentes cavités avec ou sans restauration au composite (35). .....	22
Figure 12 : Simulation d'une charge occlusale par une sphère par rapport à l'élargissement des cuspidales pour chaque conception (35) .....	23
Figure 13 : Résistance à la fracture et écart type des groupes testés (31) .....	24
Figure 14 : Critères de traitement endodontique (en rouge) ou de préservation tissulaire (en bleu) (40).....	27
Figure 15 : La perte de résistance de la dent traitée endodontiquement en fonction de la perte de substance (41).....	28
Figure 16 : Le facteur de configuration cavitaire ou « Facteur C » (47).....	30
Figure 17 : Principe de préparation des restaurations adhésives indirecte au niveau de la marge cervicale (2).....	36
Figure 18 : Image représentant une ferrule sur une molaire (71) .....	39
Figure 19 : Schéma comparant les modules d'élasticité des tenons métalliques et des tenons en fibre de verre (72).....	40
Figure 20 : Guide décisionnel sur le choix de la restauration postérieure.....	49

## Table des tableaux

Tableau 1 : comparaison des propriétés mécaniques de l'émail et de la dentine (9) .....	10
Tableau 2 : Comparaison des propriétés des composites et des céramiques face à celles des tissus durs de la dent (1,3,76).....	45

## BIBLIOGRAPHIE

1. Magne P, Belser U. Biomimetic Restorative Dentistry. 2022;1.
2. Cardoso JA, Almeida PJ, Negrão R, Oliveira JV, Venuti P, Taveira T, et al. Clinical guidelines for posterior restorations based on Coverage, Adhesion, Resistance, Esthetics, and Subgingival management. Clin Res.
3. Etienne O. Restaurations esthétiques en céramique collée [Internet]. 2016 [cité 5 sept 2023].
4. Desoutter A, Felbacq D, Gergely C, Varga B, Bonnet L, Etienne P, et al. Properties of dentin, enamel and their junction, studied with Brillouin scattering and compared to Raman microscopy. Arch Oral Biol. 1 août 2023;152:105733.
5. Abad-Coronel C, Naranjo B, Valdiviezo P. Adhesive Systems Used in Indirect Restorations Cementation: Review of the Literature. Dent J. sept 2019;7(3):71.
6. Bajaj. Role of prism decussation on fatigue crack growth and fracture of human enamel. 2009;
7. Bazos P, Magne P. Biomimetically Emulating Nature Utilizing a Histo-Anatomic Approach; Structural Analysis. Clin Res. 2011;6(1).
8. Breschi L, Mazzoni A, De Stefano Dorigo E, Ferrari M. Adhesion to Intraradicular Dentin: A Review. J Adhes Sci Technol. janv 2009;23(7-8):1053-83.
9. Etienne O, Anckenmann L. Restaurations esthétiques en céramique collée. CdP. 2016. 353 p.
10. Imbeni. The dentin–enamel junction and the fracture of human teeth. 2005.
11. White. Controlled failure mechanisms toughen the dentino-enamel junction zone. THE JOURNAL OF PROSTHETIC DENTISTRY. oct 2005;94(4).
12. Vieillissement et santé [Internet]. Disponible sur: <https://www.who.int/fr/news-room/fact-sheets/detail/ageing-and-health>
13. Roulet JF. Benefits and disadvantages of tooth-coloured alternatives to amalgam. J Dent. nov 1997;25(6):459-73.
14. Tirlet G, Atal JP. Le gradient thérapeutique, un concept médical pour les traitements esthétiques. Inf Dent. 2009;(41).
15. Maciej Z. La dent dépulpée, Endodontie et Prothèse. 2017. (Quintessence Collection).
16. Thompson JY, Stoner BR, Piascik JR, Smith R. Adhesion/cementation to zirconia and other non-silicate ceramics: Where are we now? Dent Mater Off Publ Acad Dent Mater. janv 2011;27(1):71-82.
17. Van Meerbeek B. From Buonocore’s Pioneering Acid-Etch Technique to Self-Adhering Restoratives. A Status Perspective of Rapidly Advancing Dental Adhesive Technology. Quintessence Int. 2020;22(1).
18. Weisrock G, Dejou J. Les systèmes adhésifs après 60 ans d’évolution : où en est-on en 2023 ? avr 2023;(424).

19. Gomes de Carvalho AB, de Andrade GS, Mendes Tribst JP, Grassi EDA, Ausiello P, Saavedra G de SFA, et al. Mechanical Behavior of Different Restorative Materials and Onlay Preparation Designs in Endodontically Treated Molars. *Materials*. janv 2021;14(8):1923.
20. O Connor C, Gavriil D. Predictable bonding of adhesive indirect restorations: factors for success. *Br Dent J*. sept 2021;231(5):287-93.
21. Lia ZC, White SN. Mechanical properties of dental luting cements. *J Prosthet Dent*. mai 1999;81(5):597-609.
22. Braga RR, Cesar PF, Gonzaga CC. Mechanical properties of resin cements with different activation modes. *J Oral Rehabil*. 2002;29(3):257-62.
23. Morimoto S, Lia WKC, Gonçalves F, Nagase DY, Gimenez T, Raggio DP, et al. Risk Factors Associated with Cusp Fractures in Posterior Permanent Teeth—A Cross-Sectional Study. *Appl Sci*. janv 2021;11(19):9299.
24. Broers DLM, Dubois L, de Lange J, Su N, de Jongh A. Reasons for Tooth Removal in Adults: A Systematic Review. *Int Dent J*. 26 févr 2021;72(1):52-7.
25. Tarragano H, Missika P, Moyal F, Illouz, Roche. Chirurgie exodontique et chirurgie apicale. In: *La chirurgie orale*. CdP. 2010.
26. Hofsteenge JW, van den Heijkant IA, Cune MS, Bazos PK, van der Made S, Kerdijk W, et al. Influence of Preparation Design and Restorative Material on Fatigue and Fracture Strength of Restored Maxillary Premolars. *Oper Dent*. 1 mars 2021;46(2):E68-79.
27. Milicich G. The compression dome concept : the restorative implications. 2016;
28. When is the One Visit Crown a suitable treatment for cracked teeth or cracked cusps? [Internet]. Rhodium Dental. 2020 [cité 26 janv 2024]. Disponible sur: <https://rhodium.com/knowledge-base/when-is-the-one-visit-crown-a-suitable-treatment-for-cracked-teeth-or-cracked-cusps/>
29. Lee MR, Cho BH, Son HH, Um CM, Lee IB. Influence of cavity dimension and restoration methods on the cusp deflection of premolars in composite restoration. *Dent Mater*. 1 mars 2007;23(3):288-95.
30. Emmanuel D, Zunzarren R. Evolution des formes de préparation pour inlays/onlays postérieurs à la mandibule. *Réal Clin Rev Eur Odontol*. 1 déc 2014;25:317-26.
31. Forster A, Braunitzer G, Tóth M, Szabó BP, Fráter M. In Vitro Fracture Resistance of Adhesively Restored Molar Teeth with Different MOD Cavity Dimensions. *J Prosthodont*. 2019;28(1):e325-31.
32. Daher R, Ardu S, Di Bella E, Rocca GT, Feilzer AJ, Krejci I. Fracture strength of non-invasively reinforced MOD cavities on endodontically treated teeth. *Odontology*. avr 2021;109(2):368-75.
33. Girault A. Restaurations directes et indirectes collées: indications et critères de choix dans le secteur postérieur.
34. Costa A, Xavier T, Noritomi P, Saavedra G, Borges A. The Influence of Elastic Modulus of Inlay Materials on Stress Distribution and Fracture of Premolars. *Oper Dent*. 1 juill 2014;39(4):E160-70.

35. Magne P, Oganesyanyan T. CT Scan-Based finite element analysis of premolar cuspal deflection following operative procedures. *Int J Periodontics Restorative Dent.* 2009;
36. Larson, Douglas, Geistfeld. Effect of Prepared Cavities on the Strength of Teeth. *OPERATIVE DENTISTRY*; 1981.
37. Bitter K, Meyer-Lueckel H, Fotiadis N, Blunck U, Neumann K, Kielbassa AM, et al. Influence of endodontic treatment, post insertion, and ceramic restoration on the fracture resistance of maxillary premolars. *Int Endod J.* juin 2010;43(6):469-77.
38. Ceinos R, François P. Collage indirecte en secteur postérieur : protocoles et recommandations cliniques : Les restaurations partielles collées. sept 2023;105(32).
39. Schwendicke F. Caries Excavation: Evolution of Treating Cavitated Carious Lesions. 2018;27.
40. Paladino F, Toledano C, Serfaty R. IMPLICATION CLINIQUE. *Réal Clin.* 24.
41. Decup F, Marczak E, Soenen A, Guerrieri A. L'état "dent dépulpée" Données essentielles. *Réal Clin.* 2011;22.
42. Morimoto S, Rebello de Sampaio FBW, Braga MM, Sesma N, Özcan M. Survival Rate of Resin and Ceramic Inlays, Onlays, and Overlays: A Systematic Review and Meta-analysis. *J Dent Res.* 1 août 2016;95(9):985-94.
43. Zarow M, Ramírez-Sebastià A, Paolone G, de Ribot Porta J, Mora J, Espona J, et al. A new classification system for the restoration of root filled teeth. *Int Endod J.* 2018;51(3):318-34.
44. Reeh ES, Messer HH, Douglas WH. Reduction in tooth stiffness as a result of endodontic and restorative procedures. *J Endod.* nov 1989;15(11):512-6.
45. Tang W, Wu Y, Smales RJ. Identifying and reducing risks for potential fractures in endodontically treated teeth. *J Endod.* avr 2010;36(4):609-17.
46. Soares CJ, Faria-E-Silva AL, Rodrigues M de P, Vilela ABF, Pfeifer CS, Tantbirojn D, et al. Polymerization shrinkage stress of composite resins and resin cements – What do we need to know? *Braz Oral Res.* 28 août 2017;31:e62.
47. Choucha I. Restaurations composites occluso-proximales postérieures: technique de moulage par injection. 1993;
48. Dejak B, Młotkowski A. A comparison of stresses in molar teeth restored with inlays and direct restorations, including polymerization shrinkage of composite resin and tooth loading during mastication. *Dent Mater.* mars 2015;31(3):e77-87.
49. Angeletaki F, Gkogkos A, Papazoglou E, Kloukos D. Direct versus indirect inlay/onlay composite restorations in posterior teeth. A systematic review and meta-analysis. *J Dent.* oct 2016;53:12-21.
50. De Beleney H, Pignoly C. Le substitut dentinaire : un impératif contemporain. févr 2018;17.
51. Raskin A, Brulat N, Aboudharam G, Jacquot B. Les résines composites « bulk fill » ou restaurations postérieures « fast track ».

52. da Veiga AMA, Cunha AC, Ferreira DMTP, da Silva Fidalgo TK, Chianca TK, Reis KR, et al. Longevity of direct and indirect resin composite restorations in permanent posterior teeth: A systematic review and meta-analysis. *J Dent*. 1 nov 2016;54:1-12.
53. Iida, Inokoshi, Kurosaki. Interfacial Gaps Following Ceramic Inlay Cementation vs Direct Composites. *Oper Dent*. 2003;28(4):445-52.
54. da Rosa Rodolpho PA, Cenci MS, Donassollo TA, Loguercio AD, Demarco FF. A clinical evaluation of posterior composite restorations: 17-year findings. *J Dent*. 1 août 2006;34(7):427-35.
55. Demarco FF, Corrêa MB, Cenci MS, Moraes RR, Opdam NJM. Longevity of posterior composite restorations: Not only a matter of materials. *Dent Mater*. 1 janv 2012;28(1):87-101.
56. Caplan DJ, Kolker J, Rivera EM, Walton RE. Relationship between number of proximal contacts and survival of root canal treated teeth. *Int Endod J*. 2002;35(2):193-9.
57. Clinical performance of direct composite resin versus indirect restorations on endodontically treated posterior teeth: A systematic review and meta-analysis. *J Prosthet Dent*. 1 sept 2023;130(3):295-306.
58. Fransson H, Dawson V. Tooth survival after endodontic treatment. *Int Endod J*. 2023;56(S2):140-53.
59. Pallesen U, Qvist V. Composite resin fillings and inlays. An 11-year evaluation. *Clin Oral Investig*. 1 juin 2003;7(2):71-9.
60. Azeem RA, Sureshbabu NM. Clinical performance of direct versus indirect composite restorations in posterior teeth: A systematic review. *J Conserv Dent JCD*. 2018;21(1):2-9.
61. Dioguardi M, Alovisei M, Troiano G, Caponio CVA, Baldi A, Rocca GT, et al. Clinical outcome of bonded partial indirect posterior restorations on vital and non-vital teeth: a systematic review and meta-analysis. *Clin Oral Investig*. 1 déc 2021;25(12):6597-621.
62. Rocca GT, Krejci I. Crown and post-free adhesive restorations for endodontically treated posterior teeth: from direct composite to endocrowns. 2013;8(2):154-77.
63. Viana Í, Alania Y, Feitosa S, Borges A, Braga R, Scaramucci T. Bioactive Materials Subjected to Erosion/Abrasion and Their Influence on Dental Tissues. *Oper Dent*. 1 mai 2020;45(3):E114-23.
64. Hasan S, Singh K, Salati N. Cracked tooth syndrome: Overview of literature. *Int J Appl Basic Med Res*. 2015;5(3):164-8.
65. Li F, Diao Y, Wang J, Hou X, Qiao S, Kong J, et al. Review of Cracked Tooth Syndrome: Etiology, Diagnosis, Management, and Prevention. *Pain Res Manag*. 15 déc 2021;2021:e3788660.
66. Kakka A, Gavriil D, Whitworth J. Treatment of cracked teeth: A comprehensive narrative review. *Clin Exp Dent Res*. 2022;8(5):1218-48.
67. Mannocci F, Bitter K, Sauro S, Ferrari P, Austin R, Bhuvu B. Present status and future directions: The restoration of root filled teeth. *Int Endod J*. 2022;55(S4):1059-84.

68. Ferrari M, Pontoriero DIK, Ferrari Cagidiaco E, Carboncini F. Restorative difficulty evaluation system of endodontically treated teeth. *J Esthet Restor Dent.* 2022;34(1):65-80.
69. Carvalho MA de, Lazari PC, Gresnigt M, Del Bel Cury AA, Magne P. Current options concerning the endodontically-treated teeth restoration with the adhesive approach. *Braz Oral Res.* 18 oct 2018;32:e74.
70. Naumann M, Schmitter M, Frankenberger R, Krastl G. “Ferrule Comes First. Post Is Second!” Fake News and Alternative Facts? A Systematic Review. *J Endod.* 1 févr 2018;44(2):212-9.
71. The Dentalist | FRENCH DOCTOR [Internet]. 2013 [cité 3 nov 2023]. L’effet Ferrule | The Dentalist. Disponible sur: <http://thedentalist.fr/leffet-ferrule/>
72. Prothese dentaire en zircone Valerie Thomas Denis Elkaim [Internet]. [cité 3 nov 2023]. Disponible sur: <https://drvaleriethomaselkaim.com/prothese.php>
73. Grigoratos D, Knowles J, Ng YL, Gulabivala K. Effect of exposing dentine to sodium hypochlorite and calcium hydroxide on its flexural strength and elastic modulus. *Int Endod J.* mars 2001;34(2):113-9.
74. Johansson A, Omar R, Carlsson GE. Bruxism and prosthetic treatment: A critical review. *J Prosthodont Res.* 1 juill 2011;55(3):127-36.
75. Kanzow P, Wiegand A. Retrospective analysis on the repair vs. replacement of composite restorations. *Dent Mater.* 1 janv 2020;36(1):108-18.
76. Lasserre JF. Fusion : Art et nature dans les resaturations céramiques. 2020. (Quintessence Publishing).
77. Shibata S, Gondo R, Araújo É, Roesler CRDM, Baratieri LN. Influence of surrounding wall thickness on the fatigue resistance of molars restored with ceramic inlay. *Braz Oral Res.* 11 juin 2014;28:01-8.
78. CAD-CAM milled versus pressed lithium-disilicate monolithic crowns adhesively cemented after distinct surface treatments: Fatigue performance and ceramic surface characteristics. *J Mech Behav Biomed Mater.* 1 juin 2019;94:144-54.
79. Azar B, Eckert S, Kunkela J, Ingr T, Mounajjed R. The marginal fit of lithium disilicate crowns: Press vs. CAD/CAM. *Braz Oral Res.* 22 janv 2018;32:e001.

2024 LYO1D 017

SONNERY Sophia

Restaurations des dents postérieures : Elaboration d'un guide décisionnel

Résumé :

La dentisterie d'aujourd'hui connaît une évolution, passant d'une approche traditionnelle basée sur le scellement à une orientation vers la restauration adhésive. Cette transition est reconnue par la recherche d'une dentisterie minimalement invasive, axée sur le biomimétisme et la préservation tissulaire. Cette progression amène des défis au praticien qui est confronté à des choix complexes de restauration et de préparation dentaire.

Cette thèse souligne la complexité de la reconstitution de la dent postérieure en raison de leur structure et des contraintes occlusales. Elle a permis de mettre en œuvre une aide décisionnelle afin d'éclairer le praticien sur le choix thérapeutique de la reconstitution de la dent. Le but étant d'orienter avec des lignes directrices et non pas d'avoir de consensus strict du fait d'une analyse multifactorielle.

Chaque situation clinique doit être abordée individuellement, nécessitant un compromis entre dentisterie préventive et préservation tissulaire.

Mots clés :

Restauration adhésive, Biomimétisme, Dents postérieures, Collage, Résistance biomécanique, Onlay

<u>Jury :</u>	Président	Monsieur le Professeur Cyril Villat
	Assesseurs	Monsieur le Professeur Christophe Jeannin
		Madame la Docteure Doriane Chacun
		<u>Monsieur le Docteur Damien Cabrita</u>
		<u>Monsieur le Docteur Marwane Salih</u>

Adresse de l'auteur :

Sophia SONNERY  
62 Chemin de la Barrière  
69620 Sainte-Paule, France